



SAVONIA

Hulevesien hallinta tiensuunnittelussa

Viitehankkeen tarkastelu

Ilta Väänänen

Opinnäytetyö

19. 4. 2013 Kuopio

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Ilta Väänänen			
Työn nimi Hulevesien hallinta tiensuunnittelussa; Viitehankkeen tarkastelu			
Päiväys	19.4.2013	Sivumäärä/Liitteet	99/8
Ohjaajat yliopettaja Pasi Pajula, pt.tuntiopettaja Kalle Simonen			
Yhteistyökumppani Destia Oy Asiantuntijapalvelut			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Hulevesien hallinnan merkitys on kasvanut viime vuosina, etenkin suunniteltaessa taajamiin uusia asuinalueita. Myös tiensuunnittelussa hulevesien vaikutukset ympäristöön olisi hyvä huomioida entistä paremmin. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mikä on hulevesien hallinnan merkitys tiensuunnittelussa, kuinka hulevesien hallinta on huomioitu tarkasteltavassa viitehankkeessa ja kuinka hulevesiä voitaisiin hallita paremmin.</p> <p>Aluksi selvitettiin kirjallisuuden avulla, mitä hulevesien hallinta on ja kuinka hulevedet huomioidaan tiensuunnittelussa; mitkä menetelmät, rakenteet ja järjestelmät soveltuvat tieympäristöön parhaiten sekä mitkä käytännöt ja menetelmät tukevat suunnittelua. Perehtymisen jälkeen tarkasteltiin, kuinka hulevesien hallinta on huomioitu hankkeessa ”Valtatie 5 osuuden Leppävirta–Kuopio parantaminen välillä Palokangas–Humalajoki”. Tarkastelu tehtiin hankkeen aikana tuotettujen hankeasiakirjojen ja harjoittelun (4 kk) aikana kertyneen suunnittelukokemuksen sekä hanketuntemuksen pohjalta. Yksityiskohtaista hanketietoa kerättiin esittämällä tarkentavia kysymyksiä tilaajan yhteyshenkilölle ja tiesuunnitelman sekä tiesuunnitelman täydennyssuunnitelman laatimisesta vastanneelle pääsuunnittelijalle. Lisäksi yhteistyökumppanina toimineen Destia Oy:n ja Savonia AMK:n ohjaushenkilöstö tuki työn tekemistä ideoimalla ja kommentoimalla työtä. Opinnäytetyön viimeistelyhetkellä Liikennevirasto julkaisi uudistetun teiden kuivatusta koskevan ohjeen. Ohjetta tarkasteltiin ja verrattiin opinnäytetyön yhteydessä jo laadittuun raporttiin. Lisäksi työn yhteydessä laadittiin hulevesien hallinnan suunnittelua tukeva prosessikuvaus. Prosessikuvaukseen koottiin työn pohjalta tärkeiksi koetut ja keskeiset suunnittelua koskevat avainasiat.</p> <p>Raportti koostuu hulevesien hallintaa käsittelevästä teoriaosuudesta, uutta ohjeistusta ja opinnäytetyötä vertailevasta pohdinnasta, viitehanketta tarkastelevasta osuudesta sekä liitteestä, jossa on kuvattu hulevesien hallintaa koskeva prosessi. Työn tuloksena todettiin puutteita nykyisissä suunnittelukäytännöissä; yhteistyötä tulisi tehostaa, ohjeistusta tarkentaa ja suunnittelumenetelmiä kehittää. Hallinnan tarve tulisi määritellä jo hankkeen alkuvaiheessa ja jatkosuunnittelu tulisi toteuttaa määritetyn tarpeen mukaisesti. Työssä todettujen epäkohtien esittämisellä oli tavoitteena osoittaa hulevesien hallinnan tarve sekä kannustaa tilaajia ja suunnittelijoita omaksumaan nykyaikaisempia käytäntöjä.</p>			
<p>Avainsanat</p> <p>hulevesi, tien suunnittelu, prosessikuvaus</p>			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering			
Author(s) Ilta Väänänen			
Title of Thesis Stormwater Management in Road Phasing; Review of Reference Project			
Date	19 April 2013	Pages/Appendices	99/8
Supervisor(s) Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer; Mr. Kalle Simonen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Destia Ltd Consulting Services			
<p>Abstract</p> <p>During the last few years more and more attention has been paid to the stormwater management in civil engineering. It is also important to notice the impact the stormwater has on the environment outside conurbations. The main aims were to find out what kind of role the stormwater management plays in highway phasing, how the stormwater management has been taken into account in the reference project and how to manage the stormwater better.</p> <p>The first step was to conduct a literature research, which clarified what the stormwater management includes and how to observe the stormwater in highway design; which practices, structures and systems are suitable in the highway environment and which design methods can be utilized. After the research, the review of the reference project "Highway 5 section between Leppävirta–Kuopio upgrade between Palokangas–Humalajoki" was conducted. The review was made on the basis of the project documents and the experience, which was gained during the internship (4 months) at the consulting office. Detailed information was gathered by asking additional questions from the contact person of the contractor and from the leading designer of the Final Engineering plan and Construction plan. Also the client organisation Destia Oy and the supervisors from Savonia UAS were supportive by giving comments and ideas. At the finishing moment of the thesis Finnish Transport Agency published a new manual for road drainage design. The new manual was reflected to the thesis and on the basis of the comparison reflective chapter was written. In addition the key points about stormwater design process were identified and gathered to the description.</p> <p>As a result of the thesis some flaws in present phasing practices were stated; attention should be paid to better co-operation, guidelines should be clearer and the planning practices should be developed. The need for management should be determined in the beginning of the project and the further planning should be carried out on the basis of the determined need. The purpose behind pointing out the flaws was to show the importance of the stormwater management and to encourage contractors, consults and designers to adopt more modern design practices.</p>			
<p>Keywords stormwater, highway phasing, process description</p>			

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	HULEVESIEN HALLINTA TIEHANKKEESSA	9
2.1	Sidosryhmien välinen yhteistyö	9
2.2	Lainsäädäntö ja ohjeistus	10
2.3	Hulevesien vaikutukset ympäristöön	11
2.4	Hulevesien hallintatarpeen arviointi	12
2.5	Ennaltaehkäisevä toimintatapa	13
3	MÄÄRÄLLINEN HALLINTA	15
3.1	Varautuminen ilmastonmuutokseen	15
3.2	Tulvariskien huomioiminen	16
3.3	Tulvareittien suunnittelu	19
3.4	Mallintamisen hyödyntäminen suunnittelussa	19
3.5	Määrällisen hallinnan menetelmät	20
4	LAADULLINEN HALLINTA	21
4.1	Hulevesissä esiintyvät haitta-aineet	21
4.2	Liukkaudentorjunnan vaikutus hulevesien laatuun	23
4.3	Rakentamisen aikainen hulevesien hallinta	23
4.4	Hulevesien vaikutus vesien tilaan	24
4.5	Hulevesien laadullisen hallinnan menetelmät	25
5	HULEVESIEN HALLINTARAKENTEET	26
5.1	Rakenteen valinta	26
5.2	Pintajärjestelmä	28
5.2.1	Sivuojat	29
5.2.2	Niskaojat	31
5.2.3	Laskuojat	31
5.2.4	Rummut ja sillat	32
5.3	Putkijärjestelmä	33
5.3.1	Hulevesiviemäri	34
5.3.2	Salaoja	36
5.3.3	Kaivot ja pumppaamot	39
5.4	Viivyttävä rakenne	42
5.4.1	Lammikko ja viivytyksallas	42
5.4.2	Kosteikko	44
5.5	Imeyttävä rakenne	46
5.5.1	Imeytyskaivanto	46

5.5.2	Imeytyspaine	48
5.6	Suodattava rakenne	49
5.6.1	Hiekkasuodatin	49
5.6.2	Öljynerotin	50
5.7	Eroosiosuojaus	50
5.7.1	Pintavesieroosion hallinta	51
5.7.2	Virtauseroosion hallinta	51
6	HULEVESIEN HALLINTA UUDISTETUSSA OHJEISTUKSESSA	53
6.1	Hulevesien hallinta tiehankkeessa	53
6.2	Määrällinen ja laadullinen hallinta	54
6.3	Hulevesien hallintarakenteet	59
6.4	Käytettyjen lähteiden tarkastelu	61
7	VIITEHANKKEEN TARKASTELU	62
7.1	Vt 5 osuuden Leppävirta–Kuopio kehittäminen välillä Palokangas–Humalajoki	62
7.1.1	Hankkeen vaiheet ja sidosryhmät	62
7.1.2	Tien linjaus	63
7.1.3	Ympäröivä maankäyttö	65
7.1.4	Ympäristövaikutusten arviointi	66
7.1.5	Hulevesien hallintatarpeen arviointi	68
7.2	Määrällinen hallinta	70
7.2.1	Hulevesien määrä	70
7.2.2	Tulvatarkastelu	73
7.2.3	Määrällisen hallinnan toimenpiteet	75
7.2.4	Hulevesien laatu	76
7.2.5	Pinta- ja pohjavedet	79
7.2.6	Laadullisen hallinnan toimenpiteet	82
7.3	Rakenteet ja menetelmät	85
7.3.1	Toimenpiteet rakenteiden suunnittelemiseksi	85
7.3.2	Hulevesien johtaminen	86
7.3.3	Hankkeeseen soveltuvat rakenteet	88
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	92

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1 Prosessikuvaus tueksi hulevesien hallinnan suunnitteluun

1 JOHDANTO

Hulevedet ovat rakennetuilta alueita, kuten teiltä ja liikenneväylyiltä, poisjohdettavia sade- ja sulamisvesiä. Hulevesien hallinnan merkitys kasvaa ilmastonmuutokseen varautumisen ja ympäristötietoisuuden lisääntymisen vuoksi. Rankkasateiden enustetaan lisääntyvän ja niiden mahdollisesti aiheuttamiin tulviin tulee varautua. Hulevesien virtaamien mukana liikkuva kiintoaines ja muut mahdolliset haitta-aineet sekä saasteet aiheuttavat vesistöihin ympäristöhaittoja muun muassa rehevöitymisen ja eliöstön muutoksien muodossa. Rakenteiden säilyvyyden sekä pinta- ja pohjavesien suojelun osalta näihin asioihin tulee kiinnittää huomioita tiensuunnittelussa haittojen minimoimiseksi.

Erityisesti hulevesien hallintaan kiinnitetään huomiota taajama-alueilla. Rakennetussa ympäristössä tulvat syntyvät herkemmin aiheuttaen suurempaa aineellista vahinkoa. Hulevedet pyritään johtamaan putkijärjestelmien sijaan tai niiden rinnalla pintajärjestelmissä, joiden lisäksi hulevesien käsittelyä ja puhdistamista varten toteutetaan erillisiä käsittelyrakenteita. Vaikka hulevesitulvia esiintyy harvemmin taajama-alueiden ulkopuolella, on aiheellista tarkastella minkälaisia haasteita muuttuva ilmastomme ja ympäristönsuojelun kasvava merkitys asettaa suunnittelulle myös näillä alueilla. Tarvetta sekä mahdollisuutta vaihtoehtoisille toimintatavoille ja menetelmille on tutkittava ja kehitettävä.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua hulevesien hallintaan, selvittää hulevesien hallinnan merkitys tiensuunnittelussa sekä tarkastella ja arvioida hulevesien hallinnan toteutuminen viitehankkeessa: ”Valtatie 5 osuuden Leppävirta–Kuopio kehittäminen välillä Palokangas–Humalajoki”. Työn toteuttaminen etenee tiedonhausta aineiston analysointiin ja jäsentelyyn sekä kirjallisen tuotoksen laatimiseen. Opinnäytetyön aihe on syntynyt kesällä 2012 työharjoittelusuhteen aikana Destia Oy:n Asiantuntijapalveluiden Kuopion toimipaikassa. Opinnäytetyön yhteistyökumppanina toimiva Destia Oy on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyritys, joka rakentaa ylläpitää ja suunnittelee liikenneväyliä, liikenne- ja teollisuusympäristöjä sekä kokonaisias elinympäristöjä (Destia Oy, 2013). Destia Oy ja Pohjois-Savon Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus tukevat opinnäytetyöprosessia luovuttamalla viitehankkeen tarkastelua varten suunnitelma- sekä suunnitteluaineistoa sekä vastaamalla hanketta koskeviin tarkentaviin kysymyksiin. Opinnäytetyökokonaisuus on hyödyllinen konsulteille, rakennusurakoitsijoille, kunnossapitäjille sekä erityisesti viranomais- tai asukkailla, joilla on

mahdollisuudet asettaa suuntaviivat ja tavoitteet teiden suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon.

Tietoa kerätään perehtymällä hulevesien hallintaa käsittelevään kirjallisuuteen. Tutkimus toteutetaan tammi- ja helmikuussa 2013 käytettävissä olevan kirjallisuuden, viitehankkeen asiakirjojen, hanketta koskevien suunnitelmien sekä selvityksien pohjalta. Tavoitteena on löytää mahdollisimman paljon aihepiiriä koskevaa tietoa. Aineistoa läpikäymällä valikoidaan tuoreimmat, luotettavimmat ja merkittävimmät lähteet, joihin syvennyttään tarkemmin. Ulkomaisiin lähteisiin suhtaudutaan kriittisesti paikallisten olosuhteiden, kuten ilmaston ja maaperän osalta. Suuri osa lähdeaineistosta käsittelee taajama-alueiden hulevesien hallintaa, mutta on myös sovellettavissa tiensuunnitteluun. Työssä pyritään kirjallisuuden lisäksi hyödyntämään haastatteluja ja keskusteluja kerättyä tietoa alan ammattilaisilta. Työn tekemisessä, etenkin kerätyn tiedon analysoinnissa ja viitehankkeen tarkastelussa, voidaan hyödyntää henkilökohtaista suunnittelukokemusta ja hanketuntemusta, joka on kertynyt opintojen myötä sekä työharjoittelusuhteen (4 kk) aikana konsulttitoimistossa.

Aineiston kriittisen analysoinnin ja jäsentelyn tuotoksena laaditaan raporttiin hulevesien hallintaa käsittelevä teoriaosuus, teoriaosuutta ja uutta ohjetta vertaileva tarkasteluosuus sekä viitehankkeen tarkasteluosuus. Hulevesien hallintaa käsittelevässä teoriaosuudessa selvitetään, mitä hulevesien hallinta on ja mitkä tekijät ohjaavat hulevesien hallintaa. Lisäksi teoriaosuudessa kuvataan muutamia tieympäristöön soveltuvia hulevesien hallintarakenteita ja -menetelmiä. Viitehanketta tarkastelevassa osuudessa arvioidaan, kuinka hulevesien hallinta on toteutettu tarkasteltavassa tiehankkeessa. Työn tuotoksena syntyy raportti, joka muodostaa tiiviin tietopaketin, mahdollisine kehitysehdotuksineen. Raportin liitteeksi laaditaan prosessikuvaus, jota suunnittelijat ja hankkeista vastaavat henkilöt voivat käyttää tukena työssään. Työn tavoitteena on lisätä tietoisuutta hulevesien hallinnan tärkeydestä sekä kehittää henkilökohtaista ammattitaitoa. Tavoitteet saavutetaan tutkimalla ja analysoimalla olemassa olevaa tietoa sekä soveltamalla sitä viitehankkeeseen.

2 HULEVESIEN HALLINTA TIEHANKKEESSA

Hulevedet ovat rakennetuilta alueita, kuten liikenneväyliltä, poisjohdettavia sade- ja sulamisvesiä. Hallitsemattomasti johdetuilla hulevesillä voi olla merkittäviä ympäristöön kohdistuvia haittavaikutuksia. Tässä osuudessa selvitetään hulevesien hallinnan kannalta tärkeät taustatiedot, kuten merkittävät sidosryhmät ja niiden välisen yhteistyön merkitys sekä olemassa oleva hulevesien hallintaa koskeva keskeinen lainsäädäntö ja ohjeistus. Hulevesien hallinnan tarve osoitetaan osuudessa selvittämällä, minkälaisia vaikutuksia hallitsemattomasti johdetuilla hulevesillä voi olla. Osuudessa lähestytään hulevesien hallinnan suunnittelua tarpeen määrittämisen näkökulmasta ja esitetään sovellettavaksi menetelmäksi ennakoivaa toimintatapaa.

2.1 Sidosryhmien välinen yhteistyö

Useat lait ja asetukset ohjaavat hulevesien hallintaa. Eri sidosryhmillä on mahdollisuus vaikuttaa osaltansa näiden lakien, asetusten, määräysten sekä ohjeiden kautta hulevesien parempaan hallintaan. Yhteistyö ryhmien välillä on avainasemassa kaikkien etua tavoiteltaessa. Tarpeen vaatiessa sidosryhmien edustajista muodostetulla erillisellä työryhmällä on mahdollisuus edistää tavoitteiden saavuttamista. Ryhmä voi koostua esimerkiksi valtionhallinnon, suunnittelijoiden, kunnossapitourakoitsijoiden, asukkaiden, maanomistajien, kuntien, maakunnan liiton, ympäristökeskuksen, pelastuslaitoksen, kansalaisjärjestöjen sekä yhdistysten edustajista (Minnesota Stormwater Committee 2008, 109–110). Yhdysvaltalainen *Minnesota Stormwater Committee* on kehottanut soveltamaan sidosryhmien välistä *roundtable*-prosessia hulevesien paremman hallinnan saavuttamiseksi. Viisivaiheinen prosessi etenee asteittain epäkohtien kartoittamisesta niiden korjaamiseen. *Roundtable*-prosessin vaiheet on kuvattu kuviossa 1. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 109–110.)

VAIHE 1: Aluesuunnittelua koskeviin lakeihin ja asetuksiin tutustuminen

- Edistävääkö voimassa olevat lait, asetukset, määräykset sekä ohjeet parempaa hulevesien hallintaa?
- Analyysi ristiriidoista ja kehitystarpeesta

VAIHE 2: *Roundtable*-prosessiin osallistuvien sidosryhmien tunnistaminen

- Edustajia kaikilta alueen kehitykseen vaikuttavilta sektoreilta

VAIHE 3: *Roundtable*-prosessin esitleminen sidosryhmille

- Koulutustilaisuus sidosryhmille paremmasta aluesuunnittelusta sekä hulevesien hallinnasta yhteisen pohjatiedon varmistamiseksi
- Sidosryhmiä koskevien vaatimuksien, tavoitteiden ja odotuksien selventäminen prosessin eri vaiheissa
- Selonteko sidosryhmille vaiheessa 1 tehdystä lakeja ja asetuksia koskevasta analyysistä

VAIHE 4: *Roundtable* ja yhteistyön edistäminen

- *Roundtable* vie aikaa, voi viedä yli vuodenkin
- Tapaamiset keskittyvät rajoitettuun määrään käsiteltäviä asioita
- Pienryhmät toimivat jatkuvasti ja esittelevät tuloksensa sekä ehdotuksensa tapaamisissa
- Ryhmä vaatii johtohahmon prosessin etenemisen varmistamiseksi sekä yhteistyön lisäämiseksi

VAIHE 5: Lakien, asetusten, määräyksien ja ohjeiden päivitys

- Tuloksena aloitteita, ehdotuksia ja suosituksia eduskunnalle, hallitukselle sekä kunnanvaltuustolle, hulevesistrategioita ja -ohjelmia
- Tarpeelliseksi koettuja koulutuksia, tutkimus- ja kehitysideoita, suunnitteluohjeiden päivityksiä ja muita keinoja edistämään hulevesien parempaa hallintaa

KUVIO 1. *Roundtable*-prosessin viisi vaihetta (Minnesota Stormwater Committee 2008, 110–115.)

2.2 Lainsäädäntö ja ohjeistus

Tiensuunnitteluhankkeissa hulevesien hallintatarpeen laajuuden määrittää tilaaja. Usein tilaajana on Liikennevirasto tai sen alaisuudessa toimiva paikallinen ELY-keskus. Lainsäädäntö asettaa oikeudet, velvollisuudet sekä suuntaviivat, jotka ohjaavat hulevesien hallinnan suunnittelua sekä toteuttamista.

Vesilain (L 2011/587) tavoitteena on edistää, järjestää ja yhteen sovittaa vesivarojen sekä vesiympäristön käyttö siten, että kehitys on yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä. Tarkoituksena on ehkäistä sekä vähentää vedestä ja vesiympäristön käytöstä aiheutuvia haittoja sekä parantaa vesivarojen ja vesiympäristön tilaa. Maankäyttö- ja rakennuslain (L 1999/132) mukaan alueiden käyttö ja rakentaminen tulisi järjestää siten, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle edistään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitys. Laki vaatii avointa tiedottamista, vuorovaikutteisuutta, kansalaisten osallistumismahdollisuuden turvaamista sekä suunnittelun ja asiantuntemuksen monipuolisuuden var-

mistamista. Tulvariskien hallintaa koskevan lain (L 620/2010) tavoitteena on tulvariskien vähentäminen, tulvista aiheutuvien vahingollisten seurauksien ehkäiseminen sekä lieventäminen, tulvariskien hallinnan ja vesistöalueen muun hoidon yhteensovittaminen huomioimalla vesivarojen kestävä käyttö sekä vesivarojen suojelu. Edellä mainittujen lakien lisäksi hulevesien hallintaa koskee joukko muita lakeja ja määräyksiä, kuten ympäristönsuojelulaki (L 2000/86), luonnonsuojelulaki (L 1996/1096), maantielaki (L 2005/503) sekä laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä. (L 2004/1299). (L 2011/587, 1 §; L 1999/132, 1 §; L 620/2010, 1 §.)

Maanteiden kuivatusta koskevien suunnitteluohjeiden päivittäminen olisi aiheellista. Päivityksen yhteydessä hulevesien hallinta tulisi huomioida osana tiensuunnittelua. Kirjallisuustutkimuksen tekohetkellä tammikuussa 2013 suunnittelua on ohjannut pääosin InfraRYL sekä Tielaitoksen vuonna 1993 julkaisema Teiden suunnittelu IV Tien rakenne 4 Kuivatus -ohje. Mitoitusta koskevat suunnittelukriteerit tulisi tarkastaa ja alueellista kuivatussuunnittelua, tulvien ennakointia ja torjuntaa kehittää (Saarelainen & Makkonen 2007, 47–49). Kuntaliitto julkaisi vuonna 2012 Hulevesioppaan ohjaamaan taajamien hulevesien hallintaa. Tätä opasta voi osittain soveltaa myös maanteiden ja niitä ympäröivien alueiden hulevesien hallintaan. Hulevesien hallittua johtamista ja käsittelyä tarkasteltaessa, voidaan hallinta jakaa tavoitteiden perusteella määrälliseen ja laadulliseen hallintaan.

2.3 Hulevesien vaikutukset ympäristöön

Hallitsemattomasti johdetut ja huolimattomasti käsitellyt hulevedet ovat riski ympäristölle. Hulevedet voivat aiheuttaa tulvia, eroosiota ja muita ympäristöhaittoja kuten vesien tilan heikkenemistä sekä epätoivottuja muutoksia biodiversiteetissä. Hulevesiä muodostuu vettä läpäisemättömiltä pinnoilta kuten teiltä, kaduilta, päällystetyiltä pysäköintipaikoilta ja kattopinnoilta. Etenkin rakennetut alueet ovat herkkiä hulevesitulvien aiheuttamille vahingoille. Mikäli suuri määrä hulevesiä johdetaan imeyttämättä rakennetun alueen ulkopuolelle, voi luonnollinen pohjavedenpinta laskea haitallisesti. Pohjavedenpinnan aleneminen voi aiheuttaa rakenteiden painumista ja puisten rakenteiden, kuten paalujen lahoamista. Viemäröinnin sijaan hulevesien johtaminen ja käsittely olisi hyvä hoitaa mahdollisuuksien mukaan vaihtoehtoisilla menetelmillä, kuten avo-ojilla ja muilla maanpäällisillä rakenteilla. Vaikka maanteillä läpäisemättömien pintojen ala on pienempi kuin taajamissa ja hulevesien johtamiseen käytetään perinteisesti avo-ojia, on silti aiheellista selvittää voisiko hulevesien hallintaa kehittää. Ilmastonmuutos, ympäristöarvojen kasvava merkitys sekä lisääntyvä maankäyttö

tiestön varsilla asettaa teiden suunnittelulle haasteita. (Suomen Kuntaliitto 2012; Saarelainen & Makkonen 2007.)

Rakennettu ympäristö ja sieltä johdettavat hulevedet aiheuttavat muutoksia pintaveden luonnollisessa valunnassa ja virtaamisessa. Lisäksi ilmastonmuutoksen odotetaan kasvattavan sateiden rankkuutta, mikä johtaa etenkin huippuvirtaamien kasvuun. Virtausnopeuksien kasvaessa vesimassat liikkuvat syntypaikaltaan vastaanottavaan vesistöön nopeammin. Muutokset veden virtaamisessa voivat aiheuttaa muun muassa tulvimista tai eroosiota uomien pohjissa ja reunoilla. Eroosion vaikutuksesta uoman pysyvyys saattaa heiketä. Uoma voi levetä ja sen pohjasta voi paljastua uomaa ympäröivän kasvillisuuden ja puuston juuristoa. Kasvillisuuden selviytymismahdollisuudet vaikeutuvat ja uoman pysyvyys heikkenee edelleen. Kesäaikaan teiden pinnalla lämmennet hulevedet voivat nostaa veden lämpötilaa joissa ja puroissa, joihin ne johdetaan. Muutokset uomassa, sen kasvillisuudessa ja vesistön ravinteikkuudessa voivat aiheuttaa muutoksia kalakannassa sekä vesieliöstössä. Mikäli biodiversiteetti heikkenee, on sillä todettu olevan negatiivisia vaikutuksia myös ihmisten hyvinvointiin. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 62–64.)

2.4 Hulevesien hallintatarpeen arviointi

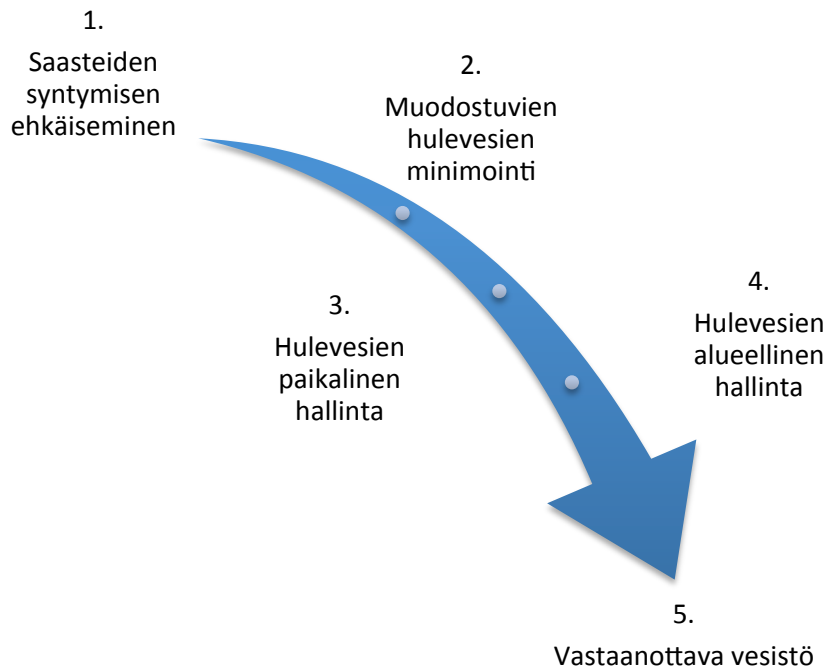
Ensisijainen tavoite hulevesien hallintaa suunniteltaessa on rakenteen kuivatus. Kuivatusratkaisut sovitaan alustavasti jo yleis- ja tiensuunnitteluvaiheessa (Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne 4 Kuivatus 1993a, 65). Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (L 1994/468) edellyttää, että tarvittaessa hankkeen välittömät sekä välilliset ympäristövaikutukset maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen tulee selvittää aikaisin, mielellään maankäytön suunnittelun yhteydessä. Kuntaliiton julkaiseman Hulevesioppaan mukaan hulevesien käsittelytarpeen arviointi on vapaaehtoista, mutta sen tekeminen voi joissain tapauksissa olla aiheellista. Käsiteltäessä hulevesiä niistä poistetaan yhdisteitä tai kiintoainesta. Arviointi tehdään vastaanottavan vesistön ominaisuuksien ja vesistöön kohdistuvien haittavaikutuksien pohjalta. Määritettyyn käsittelytarpeeseen vaikuttaa se, kuinka merkittäviksi todetut haittavaikutukset koetaan. (L 1994/468, 2-5 §; Suomen Kuntaliitto 2012, 139.)

Hulevesioppaan mukaan tarvekartoituksen yhteydessä tulisi tehdä nykytilaselvitys, arvio maankäytön muutoksista ja niiden seurauksista vesitaseeseen sekä esitys hulevesien hallinnan tarpeesta. Hulevesien hallintatarvetta koskevan esityksen pohjalta voidaan toteuttaa hulevesien hallintasuunnitelma. Hulevesien hallinnan tarvetta mää-

ritettäessä sekä hulevesien hallittua johtamista ja käsittelyä suunniteltaessa lähtöaineistona voidaan hyödyntää karttoja, maaperätietoja, tietoja olemassa olevista hulevesijärjestelmistä, tutkimustietoja pohjaveden- ja pintavedenkorkeuksista sekä virtaamista; tietoutta ongelmakohteista, kuten tulvariskialueista sekä suojelukohteista. Vesienhoito- ja kunnostussuunnitelmia voidaan hyödyntää samoin kuin pohjavesialuetietoja ja niitä koskevia suojelusuunnitelmia. Lisäksi muilla paikallisilla olosuhteilla, kuten ilmastolla, sadannalla ja lämpötiloilla on oma vaikutuksensa muun muassa mitoitusvesimääriin. Suunnittelukohteen ympäröivän maankäytön odotetuissa olevat muutokset on syytä selvittää. Maankäyttöä koskevat muutokset voidaan selvittää alueelle laadittujen kaavojen, suunnittelualueelle aikaisemmin laadittujen selvityksien tai muiden jatkorakentamista palvelevien suunnitelmien pohjalta. (Suomen Kuntaliitto 2012, 76–77.)

2.5 Ennaltaehkäisevä toimintatapa

Hulevesien hallintaan voidaan soveltaa *treatment train* -lähestymistapaa, joka on esitetty kuviossa 2. Ensisijaisena tavoitteena on ehkäistä vesistölle haitallisten saasteiden syntyminen sekä estää niiden kulkeutuminen vesistöön. Haitta-aineiden lisäksi on syytä minimoida muodostuvien hulevesien määrä. Kaikkia haittoja ei voi kuitenkaan koskaan ennaltaehkäisemällä poistaa täysin, jolloin vesien käsittely ja johtaminen paikallisten sekä alueellisten hulevesien hallintarakenteiden ja -järjestelmien kautta on aiheellista ennen niiden laskemista vastaanottavaan vesistöön. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 149.)



KUVIO 2. *Treatment train* -lähestymistapa (Minnesota Stormwater Committee 2008, 149.)

Hulevesien hallintarakenteita suunniteltaessa ja mitoitettaessa tulee huomioida erilaisia asioita. Suunnittelussa on tärkeää tunnistaa valuma-alueet; mitkä ovat vedenjakaja-alueita ja minne vedet virtaavat. Mikäli hulevedet ovat hyvälaatuisia, eivätkä ne aiheuta riskiä pohjaveden pilaantumiselle, ne on voidaan imeyttää mahdollisimman lähelle syntypaikkaansa. Rakenteita suunniteltaessa on huomioitava eri vuodenaikojen vaikutukset rakenteiden toimivuuteen. Talven pakkasjakso saattaa heikentää rakenteen toimivuutta ja kevään ylivalunta saattaa aiheuttaa tulvariskin. Kasvillisuudella tai puustolla verhoiltu rakenne on aina verhoilematonta rakennetta parempi vaihtoehto. Rakenteisiin ja tieympäristöön sijoitettavaa kasvillisuutta suunniteltaessa tulee suosia paikallista kasvillisuutta. On hyvä muistaa, että hulevesien hallinnan lopputulos on tärkeämpää kuin rakenteiden tai menetelmien monimutkaisuus. Jokainen kohde tulee suunnitella paikallisten olosuhteiden ja vaatimuksien mukaan. Hulevesien hallintaa suunniteltaessa on huomioitava myös toissijaiset ympäristövaikutukset, terveys- ja turvallisuusvaikutukset, kunnossapidettävyyys ja kustannustehokkuus. Rakenteiden jatkuva huolto takaa niiden toimintavarmuuden ja pidentää käyttöikää. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 84.)

3 MÄÄRÄLLINEN HALLINTA

Ilmastomuutoksen odotetaan aiheuttavan muutoksia hydrologiassa ja muutoksiin halutaan varautua. Rankkasateet voivat aiheuttaa hulevesitulvia, jotka voivat vaurioittaa sekä rakennettua ympäristöä että luonnonympäristöä. Hulevesien hallintaa suunniteltaessa tulee varautua myös mahdollisiin tulvatilanteisiin suunnittelemalla hulevesille turvalliset purkautumisreitit tai käsittelyalueet. Tässä osuudessa käsitellään hulevesien määrään vaikuttavia tekijöitä, niiden asettamia haasteita sekä esitellään määrälliseen hallintaan kehitettyjä menetelmiä.

3.1 Varautuminen ilmastomuutokseen

Ilmastomuutoksen odotetaan vaikuttavan sadantaan. Tulevaisuuden lämpimämpi ilmakehä kykenee sitomaan suuremman määrän vesihöyryä, mikä mahdollistaa voimakkaiden sateiden lisääntymisen. Ilmakehän lämpötila on noussut 0,8 °C viime vuosisadan kuluessa. Lämpenemisessä on havaittu kiihtymistä vuosisadan loppupuolella. On ennustettu, että vuoteen 2080 mennessä lämpötila nousee Suomessa noin 4–5 °C. Kesäsademäärien on ennustettu kasvavan keskimäärin 10–15 % ajanjaksoon 2071–2100. Erityisesti rankkasateiden odotetaan voimistuvan ja kuivien kausien pidentyvän, mikä johtaa toisaalta rankkasadetulvien riskin suurenemiseen ja toisaalta pohjaveden alenemiseen. Pohjavedenpinnan aleneminen saattaa aiheuttaa rakenteiden painumista tai kaivojen kuivumista. Keskimääräisten kesäkauden rankimpien vuorokausisateiden odotetaan kasvavan 10–30 % ja kuuden tunnin rankkasateiden 15–40 %. 15 minuuttia kestävien rankkasateiden muutosta ei ole kyetty luotettavasti arvioimaan. Sateet runsastuvat talvisin, mutta talviajan kylmän ilman vuoksi rankkasateita ei esiinny niin useasti kuin kesäaikaan. Kevättulvien ei odoteta lisääntyvän. Tien kuivatus- ja hulevesirakenteita suunniteltaessa käytetään mitoitus-sadetta, johon vaikuttaa sateen rankkuus, toistuvuus sekä kesto. Nämä mitoitusparametrit tulisi päivittää vastaamaan muuttuvaa ilmastoa. (Aaltonen ym. 2008, 79, 105; Saarelainen & Makkonen 2007, 15–24.)

Teiden kuivatusta suunniteltaessa mitoitusvirtaama määritetään joko kesäkauden rankkasateen tai lumen kevätsumalamisen perusteella. Mitoittava tekijä määräytyy valuma-alueen koon perusteella. Suurilla valuma-alueilla, mitoittava tekijä on lumen sulaminen ja pienillä valuma-alueilla kesäkauden rankkasade. Rankkasateen aiheuttama virtaama määritetään valumakertoimen, valuma-alueen pinta-alan sekä mitoitussateen rankkuuden perusteella. Valumakerroin vaihtelee välillä 0–1 riippuen maan

läpäisevyysominaisuuksista. Mikäli alue koostuu hyvin erilaisista osista, voidaan valumakerroin määrittää painotettuna keskiarvona. Valuma-alueen koko määrää mitoitussateen kestoajan ja suunniteltavan kohteen luonne sateen toistuvuusajan. Käytettävien toistuvuuksien arvot vaihtelevat yhdestä vuodesta kymmeneen vuoteen ja sateen kestot viidestä minuutista 60 minuuttiin. Toistuvuuden ja keston perusteella voidaan määrittää sateen rankkuus. Mikäli mitoituksessa halutaan huomioida ilmastomuutos, voidaan rakenteet mitoittaa keskimäärin 20 % suuremmille sademäärille (Suomen Kuntaliitto 2012, 110). Taulukossa 1 on vertailtu Tielaitoksen kuivatusohjeen mitoitusarvoja vuodelta 1993 ja Suomen Kuntaliiton Hulevesioppaan arvoja vuodelta 2012, joissa ilmastomuutoksen vaikutukset on huomioitu. Kun mitoitusvirtaama määritetään kevätsulamisen perustella vaikuttaa virtaamaan valuma-alueen pinta-ala, kevätylivaluma sekä järvisyys-, metsäojitus- ja peltoisuuskertoimet. Kevätylivaluma määritetään valuma-alueen koon ja hyväksyttävän toistuvuuden perusteella. Tulvarieittejä mitoitettaessa käytetään harvemmin toistuvia rankkasadetapahtumia kuin hulevesien hallintajärjestelmiä mitoittaessa (Suomen Kuntaliitto 2012, 25; Tielaitos 1993, 11–15.)

TAULUKKO 1 Suomen Kuntaliiton julkaiseman hulevesioppaan esittämät sateen intensiteetit, huomioiden ilmastomuutoksen vaikutukset. Suluissa esitetty vuonna 1993 Tielaitoksen julkaiseman kuivatusohjeen arvot. (Suomen Kuntaliitto 2012, 110; Tielaitos 1993, 13.)

Sateen keskimääräinen intensiteetti (l/s*ha)								
Toistuvuus (vuotta)	Kesto							
	5 min		10 min		20 min		60 min	
1	140	(95)	96	(63)	77	(46)	40	(22)
2	200	(152)	144	(105)	97	(71)	50	(35)
3	220	(188)	156	(105)	110	(88)	56	(42)
5	260	(224)	180	(157)	123	(103)	64	(50)
10	280	(178)	216	(195)	154	(128)	77	(61)

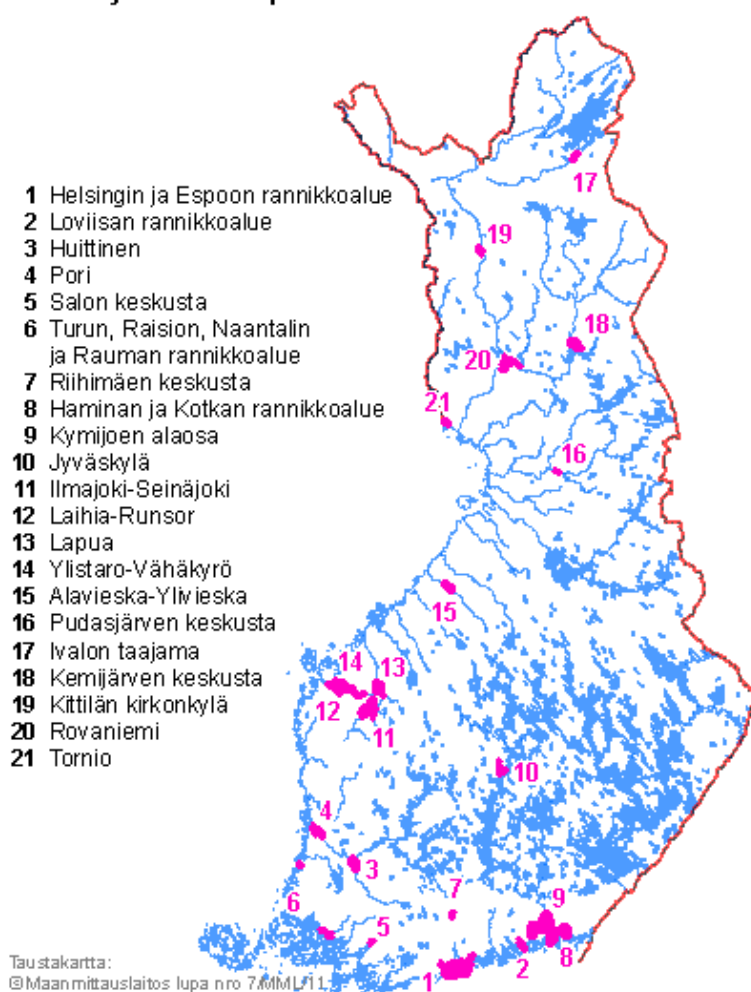
3.2 Tulvariskien huomioiminen

Ilmastomuutoksen odotetaan yleisesti lisäävän tulvariskiä. Tulvat voidaan jakaa syntytapansa mukaan hulevesitulviin, vesistötulviin ja merivesitulviin. Vesistötulvat ovat yleensä seurausta pitkään jatkuneista sateista tai useista peräkkäisistä runsas-sateisista vuosista. Merivesitulvat syntyvät myrskyjen ja muiden vedenkorkeutta nostavien tekijöiden, kuten ilmanpaineen, virtauksien ja merijään kattavuuden yhteisvaikutuksesta. Vesistö- ja merivesitulviin voi varautua tiensuunnittelussa paranta-

malla rakenteiden kestävyyttä, nostamalla tien tasausta ja linjaamalla tie alueelle, missä riski joutua tulvaveden alle on pieni (Saarelainen & Makkonen 2007, 37). Hulevesitulvat syntyvät sateen ja lumen sulamisen tai niiden yhteisvaikutuksesta, herkimmin rakennetuilla alueilla. Hulevesitulvat syntyvät nopeasti, ovat lyhytkestoisia ja melko paikallisia. Tulvimista tapahtuu joissa, puroissa sekä hulevesiviemäreissä poikkeuksellisen voimakkaan sateen aiheuttaessa kapasiteetin ylittymisen. Rakennuskohteissa hyväksyttävä tulvimisen toistuvuus valitaan kohteen riskitason perusteella, esimerkiksi kerran 100 tai 200 vuodessa tapahtuva tulva (Suomen Kuntaliitto 2012, 25). Suomessa todella harvinainen ja vaikutuksiltaan laajalle ulottuva tulva sattui viimeksi vuonna 1899. Suurtulva esiintyi Vuoksen, Kymijoen ja Kokemäenjoen vesistöissä ja sen toistumisajaksi on arvioitu 250 vuotta. (Valtion ympäristöhallinto 2013.)

Maa- ja metsätalousministeriö on määrittänyt Suomeen 21 merkittävää vesistötulvariskialuetta, jotka on esitetty kuvassa 1. Pääosa tulva-alueista sijaitsee sisämaassa vesistöjen varrella ja vain neljä niistä sijaitsee rannikolla. Suurimmat vesistön tulvimisesta ja meriveden noususta aiheutuvat riskialueet sijaitsevat Rovaniemellä, Porissa, Turussa sekä pääkaupunkiseudulla. Lisäksi kuntien on ollut määrä selvittää ja nimetä merkittävät hulevesitulvien esiintymisalueet. (Maa- ja metsätalousministeriö 2013.)

Merkittävien tulvariskialueiden sijaintikartta 20.12.2011
- vesistöjen tai merenpinnan noususta aiheutuvat tulvat



KUVA 1. Merkittävät vesistötulvariskialueet Suomessa 2011 (Ympäristöhallinto 2013b.)

Tulvien aiheuttaessa vahinkoa tierakenteelle, varusteille ja laitteille niistä aiheutuvat kustannukset ovat merkittäviä. Vahingot voivat olla akuutteja, kuten veden nouseminen tielle, luiskien eroosio tai sortuminen, rumpujen padottaminen tai sortuminen, päällystevauriot sekä siltojen keilojen vaurioituminen. Välittömästi haitallisten vaikutusten lisäksi voi ajan kuluessa syntyä muita hitaasti eteneviä vaurioita, jotka ovat seurausta sisäisestä eroosiosta. Tierakenteeseen muodostuvat jälkivauriot voivat olla onkaloita, reikiä tai painumista. Tulvavaurioista seuraava liikenneyhteyksien katkeaminen aiheuttaa lisäksi välillisiä kustannuksia, joiden kaikkia vaikutuksia voi olla vaikea arvioida ja kohdentaa. (Saarelainen & Makkonen 2007, 35–36.)

3.3 Tulvareittien suunnittelu

Koska kaikkea hallintaa ei ole kannattavaa suorittaa varsinaisilla hallintarakenteilla, on myös tulvareittien suunnitleminen osa hulevesien hallintaa. Riskikohteiden läheisyydessä vedet johdetaan nopeasti purkuvesistöön tai turvallisemmalle tulvimisalueelle. Mikäli tulvareittejä ei ole etukäteen suunniteltu, mitoituksen ylittyessä vedet virtaavat omia reittejään pitkin eteenpäin aiheuttaen tuhoa ihmistoiminnalle ja rakenteille. Suurin tarve tulvareiteille on imeyttävissä ja suodattavissa järjestelmissä, joilla on riski tukkeentua ja joita ei ole suunniteltu suurille vesimassoille. Altaisiin ja patoihin suunniteltavat ylivuotoaukot ja -reitit ovat tyypillisiä tulvareittejä. Tulvareitit on suunniteltu erikoistilanteita varten, eikä niiden mitoituksessa voida useinkaan huomioida kaikkia ympäristönäkökulmia. Tulvavesien purkua suoraan vesistöön tulisi kuitenkin välttää ja riittävästä eroosiosuojauksesta tulvareiteillä ja niiden purkupisteissä tulisi huolehtia. Mikäli suuria vesimassoja ja -virtaamia ei johdeta hallitusti tulvan hetkellä, ne voivat aiheuttaa eroosion myötä pahimmassa tapauksessa tierakenteen ja siihen liittyvien rakenteiden, kuten esimerkiksi ilmajohtopylväiden perustusten sortumisen. (Suomen Kuntaliitto 2012, 169–170; Pääkkönen 2013.)

3.4 Mallintamisen hyödyntäminen suunnittelussa

Yleensä tulva on seurausta rankkasateen, lumen sulamisen tai niiden yleisvaikutuksesta. Suomen ympäristökeskus tekee vesistömallijärjestelmän avulla jatkuvasti vedenkorkeus- ja virtaamaennusteita tulvavaroitusten antamiseksi. Järjestelmän avulla voidaan myös arvioida ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesistöihin. Suunnittelutyössä luonnontilaisten vesistöjen purkautumisvirtaamia voidaan määrittää hydraulisella mallintamisella, mikä edellyttää laskenta-alueen numeerista kuvausta. Tulvariskin todennäköisyyttä voidaan myös arvioida toteutuneen ja dokumentoidun tapahtumatiedon pohjalta, analysoimalla toistuvuuksia sekä niiden potentiaalista kasvua. (Saarelainen & Makkonen 2007, 38.)

Mallinnusohjelman, jolla hulevesijärjestelmää mitoitetaan, tulee voida yhdistää valuma-aluemalli sekä verkostomalli. Ongelmana mallintamisessa on kalibrointi eli tuloksien yhteensovittaminen todellisuudessa havaittuun tilanteeseen. Mallinnus on kuitenkin aina käsin laskemista parempi keino virtaamien ja vesimäärien määrittämiseen. Mallinnus mahdollistaa monimutkaisimpien järjestelmien tarkastelun sekä sateen ajallisen muodon huomioimisen. Mallinnettaessa alue jaetaan osavaluma-alueisiin, jotka määritetään maastonmuotojen, purkureittien ja maankäytön perusteella riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi. Osavaluma-alueille määritellään pintavalunnan

muodostumiseen ja purkautumiseen vaikuttavat tekijät; läpäisemättömän pinnan määrä, kaltevuus, painannesäilyntä ja häviöt sekä verkostomallin tiedot; ojien, hulevesiviemäreiden sekä virtausreittien koko, korkeusasema, pituuskaltevuus ja virtausvastus. Osavaluma-alueille määritellään purkupisteet, joista virtaama purkautuu mallinnettuun verkostoon. Mallin sadetapahtumat määritellään aikasarjana, jossa tapahtuma on jaettu minuutin pituisiin ajanjaksoihin. Jokaiselle minuutin ajanjaksolle voidaan määrittää oma intensiteetti. Tuloksina mallista saadaan osavaluma-alueiden purkautumiskäyrät sekä virtaamat verkoston osissa ajan suhteen. Tuloksia voidaan havainnollistaa ja tarkastella myös graafisessa muodossa käytettävästä ohjelmasta riippuen. Ilman mallinnusta on mahdotonta osoittaa kaikki verkoston pisteet joissa tulvimista esiintyy. Monipuolisimmat ohjelmat mallintavat myös maanpinnan virtausreittejä, jolloin tulvavesien kertymistä sekä ohjautumista on mahdollista tarkastella lähemmin. Hulevesien laadulliseen mallintamiseen on myös kehitetty ohjelmia. Malli kuvaa haitta-ainepitoisuuksien muutoksia ajan suhteen virtaamisissa. (Suomen Kuntaliitto 2012, 112, 142, 215–216.)

3.5 Määrällisen hallinnan menetelmät

Hulevesien määrälliseen hallintaan on useita keinoja. Ensisijaisesti muodostuvien hulevesien määrä tulisi pitää mahdollisimman pienenä. Hulevesien määrään voidaan vaikuttaa minimoimalla läpäisemättömien pintojen rakentaminen sekä suosimalla läpäiseviä päällysteitä. Läpäisemättömiltä pinnoilta muodostuvat hulevedet voidaan imeyttää maaperään, mikä lisää pohjavesivarantoja ja vähentää pintavesiin johdettavien hulevesien määrää. Virtaamia voidaan myös säännöstellä viivyttämällä tai rajoittamalla niiden purkautumista vesistöön. Rankkasateiden aiheuttamia huippuvirtaamia tasatessa tavoitetilana on virtaustilanne, joka ei aiheuttaisi eroosiota uomassa. Tulvatilanteissa huippuvirtaamia voidaan myös johtaa niitä varten varatuille erillisille tulva-alueille, jolloin virtausnopeus hidastuu, kiintoaines laskeutuu ja tulvien aiheuttamat vauriot vähenevät. Sovellettaessa määrällisen hallinnan menetelmiä uomarakenteen ja virtausolosuhteiden monipuolistuminen voi parantaa kasvillisuuden sekä vesieliöstön selviytymismahdollisuuksia. Hulevesien hallintamenetelmää valitessa on hyvä soveltaa luonnonmukaisia menetelmiä, jotka tukevat vesistön omaa luontaista puhdistuskykyä. Viivyttämisen, suodattamisen sekä imeyttämisen lisäksi määrällisessä hallinnassa voidaan hyödyntää vesipinnoilta tapahtuvaa evaporaatiota tai kasvillisuuden transpiraatiota. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 159; Jormola ym. 2003, 25.)

4 LAADULLINEN HALLINTA

Uusien maanteiden rakentaminen katkoo pintavesien luonnollista valuntaa ja rakentaminen kuormittaa vesistöjä ainehuuhtoumien lisääntyessä moninkertaisiksi. Rakennettavat ja olemassa olevat tiet kuormittavat vesistöjä lisäten pintavaluntaa, aiheuttaen eroosiota ja muuttaen luonnollista vesitaloutta purkamalla hulevesiä pistemäisesti teiden lähiympäristöön. Liikenteen aiheuttamat päästöt, liukkaudentorjunta sekä tiestöllä sattuvat onnettomuudet lisäävät vesistön ja ympäristön pilaantumisriskiä. Taajamien ulkopuolella liikenteen lisäksi ympäröivä maankäyttö, kuten haja-asutus, maa- sekä metsätalous lisäävät vesistöjen kuormitusta. Tässä osuudessa selvitetään, mitä haitta-aineita hulevesissä esiintyy, mitä haittavaikutuksia niillä on ja millä menetelmillä hulevesiä voidaan laadullisesti hallita.

4.1 Hulevesissä esiintyvät haitta-aineet

Maanteiltä huuhtoutuu hulevesien mukana merkittäviä määriä kiintoainetta, metalleja, klorideja, öljyhiilivetyjä, fosforia sekä typpeä ympäristöön. Pääasiassa haitta-aineet esiintyvät kiintoainekseen sitoutuneena, mikä helpottaa hulevesien laadullista hallintaa. Osa aineista esiintyy liukoisessa muodossa, jolloin niiden poistaminen on hankalaa ja haittavaikutukset eliöstölle ovat suurempia. Erottamalla hulevesistä kiintoaines, useimpien metallien sekä fosforien pitoisuudet laskevat. Ympäristöön kohdistuva haitta riippuu vastaanottavan ympäristön tilasta sekä sen herkkyydestä. Kun hulevesiä johdetaan pieniin puroihin, ovat vaikutukset huomattavampia. Haitta-aineet voivat samentaa ja rehevöittää vesistöjä sekä ne voivat olla haitallisia eliöstölle. Hulevesissä esiintyvien haitta-ainespitoisuuksien nopea ajallinen vaihtelu vesistössä vaikeuttaa niiden esiintymiselle määritettävien raja-arvojen asettamista, joten parempi vaihtoehto on tarkastella vesistöön kohdistuvaa kuormitusta pitkällä aikavälillä. Mikäli maaperään pääsee imeytymään pohjavesien tilaa heikentäviä haitta-aineita kuten klorideja voi talousvedenotto estyä. Suomessa pohjaveden laadun vaarantaminen on kielletty lailla, joten haitallisten aineiden imeytymistä maaperään sellaisenaan tai hulevesien mukana ei merkittäväillä pohjavesialueilla hyväksytä lainkaan. Pohjavesialueiden ulkopuolella tällaisia vaatimuksia ei ole esitetty. (Inha ym. 2012; Jokela 2008, 5; Suomen Kuntaliitto 2012, 139.)

Lämpötilan on todettu vaikuttavan useiden haitta-aineiden esiintymiseen maanteiden hulevesissä. Lämpötilan laskemisen ja siitä seuraavan liukkaudentorjunnan on havaittu lisäävän sähkönjohtavuutta, kloridien, natriumin, arseenin, lyijyn sekä sinkin

kasvavia pitoisuuksia. Sen lisäksi, että suolaus lisää natrium- ja kloridipitoisuuksia, se myös irrottaa metalleja kulkuneuvoista sekä rakenteista, kuten tiekaiteista. Suolaus kuormittaa ympäristöä vielä suolauksen päätyttyäkin, sillä runsas suolaus jättää tielle jäämiä. Käytettävän suolan määrä on suoraan verrannollinen liikennemäärään, jolloin myös liikennemäärällä on vaikutusta hulevesien sähkönjohtavuuteen sekä kloridien ja natriumin esiintymiseen. Liikenteen määrä vaikuttaa lisäksi ammoniumtyypen esiintymiseen, joka voi olla lähtöisin esimerkiksi pakokaasuista. Kun keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät kasvavat yli 15 000 ajoneuvon, on aiheellista harkita hulevesien käsittelyä esimerkiksi laskeuttavalla rakenteella. Hulevesien määrälliseen hallintaan suunniteltujen rakenteiden lisäksi tieympäristön kasvillisuudella ja luiskien verhoilulla on hulevesien laatua parantava vaikutus. Viheralueet pidättävät suuren osan kiintoaineksesta ja kiintoainekseen sitoutuneita muita haitta-aineita. Erilaisten sadeilmiöiden vaikutuksia hulevesien laatuun on tutkittu. Pitkää kuivaa kautta seuraavan sateen on todettu lisäävän haitta-ainepitoisuuksia. Lisäksi hulevesien laadun on arvioitu muuttuvan sateen keston aikana. Suurimman kiintoaineshuuhtouman on todettu esiintyvän sadetapahtuman alussa ja kuormituksen on todettu heikkenevän sateen jatkuessa. Ilmiötä kutsutaan nimellä *first flush*. Kosteaa ja märän tienpinnan on myös todettu kuluvan kuivaa pintaa nopeammin. Lisäksi kostea tienpinta sitoo suurempia määriä haitta-aineita. Muita hulevesien laatuun vaikuttavia tekijöitä voivat olla muun muassa renkaista peräisin oleva kumi sekä nastat, tienkäyttäjien roskaaminen, päällysteen kulumisen liikenteen sekä etenkin pakkasrapautumisen seurauksena. (Inha ym. 2012; Jokela 2008, 5.)

Haitta-aineiden vaikutukset ympäristölle voivat olla akuutteja tai kroonisia. Akuuttien vaikutusten kesto vaihtelee muutamista tunneista päiviin ja ne voivat olla hetkellisiä pitoisuus- tai kuormitushuippuja vesistössä. Akuutit vaikutukset kohdistuvat yleensä puroihin tai uomiin ja niillä voi olla pistekuormitukselle tyypillisiä ominaisuuksia. Akuutteja vaikutuksia voivat olla esimerkiksi uimarannan vedenlaadun heikkeneminen sadetapahtuman seurauksesta tai kemikaalionnettomuus. Krooniset vaikutukset taas syntyvät pitkällä aikavälillä vähitellen kertyneestä kuormituksesta. Vaikutukset voivat ulottua kuukausista vuosikymmeniin. Kroonisten vaikutusten kohde on yleensä lampi tai pieni järvi. Yleisiä ympäristövaikutuksia ovat rehevöityminen, haitta-aineiden sedimentoituminen tai pohjaveden pilaantuminen. Vesistövaikutuksiin vaikuttaa hyvin paljon haitta-aineiden esiintymismuoto; ovatko haitta-aineet liukoissa muodossa vai kiintoaineisiin sitoutuneena. Yleensä hulevesien vaikutukset ympäristölle ovat kroonisia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 132–133.)

4.2 Liukkaudentorjunnan vaikutus hulevesien laatuun

Teiden talvihoito edellyttää liukkaudentorjuntaa eli tienpinnan kitkan parantamista kemiallisesti tai mekaanisesti. Vilkkaasti liikennöidyillä teillä käytetään pääasiassa kemiallisia keinoja; yleensä natriumkloridia ja muilla teillä mekaanisia keinoja, kuten hiekoitusta tai polanteen karhentamista. Liukkaudentorjuntaan käytettyjen suolamäärien kasvun on havaittu vaikuttaneen pohjavesien laatuun kohonneina kloridipitoisuuksina. Paikoittain pohjavesialueiden havaintoputkista on analysoitu talousvedelle haitallisia kloridipitoisuuksia. Pohjavesien pilaamisen lisäksi tiesuola aiheuttaa myös korroosiota ajoneuvoille ja tien rakenteille kuten silloille ja kaiteille irrottaen niistä metalleja. Natrium- ja kalsiumkloridille on pyritty kehittämään korvaavia aineita korroosion ehkäisemiseksi ja ympäristön suojelemiseksi. Tutkituista liukkaudentorjuntamateriaaleista kaliumformiaatin on todettu hajoavan luonnossa nopeasti hiilidioksidiksi ja vedeksi. Kaliumformiaatin hinta on 15-kertainen verrattuna perinteiseen natriumkloridiin. Kustannussyistä kaliumformiaatin käyttöön ei ole siirrytty lukuun ottamatta lentokenttiä ja muutamia pohjavesialueita. (Pöyhönen 2005, 68, 76–78.)

4.3 Rakentamisen aikainen hulevesien hallinta

Rakennustyömailta huuhtoutuu eroosion seurauksena suuria määriä kiintoainesta ja ravinteita vesistöön. Kasvillisuuden poiston, maanpinnan häiriintymisen ja räjäytystöiden on todettu lisäävän maaperän nitraattihuuhtoumaa. Kansainvälinen kirjallisuus esittää, että rakentamisen aikainen kiintoainekuormitus on 10–20-kertaista maatalousalueisiin verrattuna ja 1 000–2 000-kertainen metsäalueisiin verrattuna. Rakentamisvaiheessa olisi suositeltavaa käyttää hulevesien hallintaan yksinkertaisia rakenteita. Kaivutyöt tulisi minimoida, jotta itse hulevesien hallintarakenne ei lisäisi kiintoaineshuuhtoumaa. Mikäli rakenne on tarkoitettu lopulliseksi rakenteeksi, sen eroosiosuojauksesta ja kunnossapidosta tulee huolehtia. Mikäli rakenteeseen on suunniteltu kasvillisuutta, se olisi hyvä toteuttaa reilusti ennen muun rakentamisen aloittamista. Kasvillisuudelle tulee antaa aikaa juurtua ja tulla elinvoimaiseksi. Hulevesien johtamista rakenteeseen voidaan rajoittaa kasvillisuuden kiinnittymisvaiheessa. Suunniteltaessa hulevesien hallintarakenteita työmaalle ne tulee sijoittaa siten, ettei niille aiheudu haittaa työmaaliikenteestä tai työmaan muista toiminnoista. Tielaitoksen kuivatusohjeen (1993, 69) mukaan tien vaiheittain rakentamisessa kuivatusjärjestelyiden toteuttaminen jo ensi vaiheessa lopulliseen sijaintiinsa ja laajuuteensa saattaa olla edullinen ratkaisu. Mikäli työmaa ja sen hulevesien hallinnan tarve on merkittävä, voi erillisen rakentamisen aikaisen hulevesien hallintasuunnitelman laatiminenkin olla aiheellista. (Suomen Kuntaliitto 2012, 128–130, 291–292.)

4.4 Hulevesien vaikutus vesien tilaan

Pintavesien tilalla on merkitystä nisäkkäiden, kalojen ja pieneliöiden elinympäristöihin. Tienpinnalla lämmenneet hulevedet, jotka johdetaan luonnon uomiin voivat nostaa vesien lämpötilaa. Lämpötilanvaihtelut vaikuttavat muun muassa kalojen elintoihintoihin. Viileissä vesissä viihtyvät kalat, kuten esimerkiksi lohi hakeutuu vesien lämmitessä yhä pohjoisemmaksi. Lämpötilan lisäksi vesistön tilaan vaikuttaa happipitoisuus sekä happamuus. Happea tulee veteen ilmasta liukenemalla ja viherkasvien yhteyttämisestä. Happea tarvitaan eläinten ja kasvien hengitykseen sekä bakteerien suorittamaan eloperäisen aineen hajottamiseen. Kylmä vesi kykenee sitomaan enemmän happea. Lämpimässä, vähähappisessa vedessä kalat lopettavat ruokailun, ovat apaattisia eivät reagoi ärsykkeisiin. Kaikki kalat selviävät hyvin pH-alueella 6–9. Pintavesiin kohdistuvista uhkista suurin on vesistön rehevöityminen. Samalla kun vesistö rehevöityy ja ravinnon määrä lisääntyy, suuret petokalat joutuvat väistymään happipitoisempiin sekä viileämpiin vesiin. Petokalojen väheneminen lisää särkikantaa. Hulevesien mukana vesistöön kulkeutuvat kiintoaineet laskeutuvat ajan kuluessa pohjaan muodostaen sedimenttejä. Laskeutuvat hiukkaset voivat olla eloperäistä aineista tai mineraaliaineista koostuneita. Luonnontilaisissa vesissä sedimenttiä muodostuu normaalisti alle millimetri vuodessa. Vesistön kuormitus ja sitä seuraava rehevöityminen lisää sedimentoitumista siten, että se voi olla 10–30 mm/a. (Penttinen ym. 2010, 83–112.)

Puhtaat pohjavesivarannot ovat ihmisille elintärkeitä. Ympäristökeskus on luokitellut pohjavesialueet kolmeen luokkaan, I–III, alueiden käyttökelpoisuuden ja suojelutarpeen perusteella. Merkittävillä pohjavesialuilla suojeluun on syytä kiinnittää huomiota. Pohjaveden suojaustoimenpiteitä suolauksen vähentämisen lisäksi ovat pintavesien mahdollisimman tehokas poisjohtaminen, tieympäristön pehmentäminen, suojakaitteen rakentaminen onnettomuuksien varalle sekä pohjavesisuojausten rakentaminen. Lähtökohtaisesti tien linjaus pyritään sijoittamaan siten, ettei se aiheuta ympäristöhaittoja pohjavedelle. Mikäli tie kulkee pohjavesialueella on pohjavedensuojaustarvetta tarkasteltava. Pohjavesialueen suojaamistarpeeseen vaikuttavat tien aiheuttama riski, pohjavesialueen merkitys sekä sen herkkyyys. Suojaustarve tulee arvioida jo hankkeen alkuvaiheessa. (Tiehallinto 2004, 6–10.)

4.5 Hulevesien laadullisen hallinnan menetelmät

Treatment train -lähestymistavan mukaisesti ensisijainen tavoite hulevesiä hallitessa on pyrkiä minimoimaan hulevesien laatua heikentävät lähteet ja estää kiintoaines-huuhtoumat. Koska kaikkia haitta-aineita ei voida hulevesistä poistaa ennakoimalla, on niiden käsittelyä varten kehitetty erilaisia menetelmiä ja rakenteita. Suodattamalla hulevesistä voidaan erottaa muun muassa kiintoainesta sekä roskia. Suodattamisen yhteydessä hulevedet voidaan imeyttää. Imeyttäminen on luonnonmukainen hulevesien käsittelyprosessi, joka kasvattaa pohjavesivarantoja ja viilentää tienpinnalla lämmentyneitä hulevesiä. Vilkailla maanteilla liukkaudentorjuntaan käytettävä natriumkloridi lisää pohjavesien pilaantumisriskiä, sillä vesiliukoisena se ei pidäty maaperään (Suomen Kuntaliitto 2012, 136). Hulevesien imeyttämistä vilkkaiden teiden läheisyydessä, missä pohjavesien pilaantumisriskiä esiintyy, tulisi välttää. Suodattamisen ja imeyttämisen lisäksi hulevesien laatua voidaan parantaa viivyttämällä. Viivyttämällä hulevesien virtaamaa hidastetaan, jolloin kiintoaines laskeutuu rakenteen pohjalle tai kiinnittyy rakenteen kasvillisuuteen. Kasvillisuuden lisäksi hulevesien hallintarakenteissa voidaan hyödyntää pieneliöitä. Mikrobit ovat luonnollisia vesien puhdistajia ja käsittelevät etenkin ravinteita tehokkaasti. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 150.)

5 HULEVESIEN HALLINTARAKENTEET

Hulevesien hallintaan on kehitetty erilaisiin toimintaperiaatteisiin perustuvia rakenteita ja menetelmiä. Kaikkien ratkaisujen soveltuvuudesta Suomen ilmastoon ei ole vielä kokemusperäistä tietoa kovinkaan pitkältä aikaväliltä. Rakenteiden huolellisen suunnittelun lisäksi niiden säännöllisellä huollolla ja kunnossapitotoimenpiteillä on merkitystä rakenteen toimivuuteen ja pitkäikäisyyteen. Tässä osuudessa tarkastellaan muutamien tieympäristöön soveltuvien rakenteiden toimintaperiaatteita ja rakenteita. Osa rakenteista on alun perin suunniteltu taajamien hulevesien hallintaan tai maa- ja metsätaloudesta peräisin olevien kuivatusvesien käsittelyyn. Liitteessä 1 on esitetty kuvaus hulevesien hallinnan suunnitteluprosessista. Prosessikuvausta voidaan käyttää tukena hulevesien hallinnan suunnittelussa.

5.1 Rakenteen valinta

Rakenteen valinnan tulisi perustua rakenteelle määritettyyn tarpeeseen. Tarve voidaan määrittää vertailemalla laskelmin todettuja muutoksia alueen pintavalunnassa ja ainehuuhtoumissa erilaisissa tilanteissa. Keskenään voidaan vertailla luonnonmukaista tilannetta, rakentamisen aikaista tilannetta sekä tilannetta hankkeen toteuttamisen jälkeen. Mikäli pintavalunnassa tai ainehuuhtoumissa havaitaan haitallisia kuormituksia tai suuria muutoksia, tulee rakenteen valinta tehdä niiden havaintojen pohjalta. (Pajula 19.2.2013.)

Ennen hulevesien johtamista rakenteeseen tulee *treatment train* -lähestymistavan mukaisesti suorittaa ennaltaehkäisevät toimenpiteet. Ennaltaehkäisevät toimenpiteet tulee kohdistaa sekä laadulliseen että määrälliseen hallintaan. Ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä ovat muun muassa tieympäristön puhtaanapito roskista sekä liukkaudentorjunnassa käytettyjen hiekoitushiekkojen harjaus tiestöltä keväisin. Mikäli kulkuskerroksena käytetään sitomatonta murske- tai sorakerrosta, sen tulee olla kiinteä. Kiinteyteen voidaan vaikuttaa käytettävän kiviaineksen rakeisuudella, pölynsidonnalla sekä tiivistämisellä. Tienhoidossa ja rakentamisen aikana käytettävät haitalliset aineet tulee varastoida ja niitä tulee käsitellä siten, ettei niistä aiheudu ympäristölle haittaa. Mikäli suunnittelualueella sijaitsee herkkiä alueita, esimerkiksi pohjavesialueita, tulee alueille suunnitella suojausrakenne. Pohjavedensuojausrakenne ennaltaehkäisee liukkaudentorjunnan ja onnettomuuksien aiheuttamia ympäristöön kohdistuvia haittoja. Muodostuvien hulevesien määrää voidaan vähentää minimoimalla läpäisemättömien pintojen ala ja suosimalla avoimia päällysteitä. Hulevesimäärien vä-

hetessä myös käsittelyrakenteen toteuttamis- ja kunnossapitokustannukset laskevat. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 168–170.)

Jokainen hulevesirakenne tulee suunnitella ja mitoittaa paikallisten olosuhteiden ehdoilla. Suunnittelijan tulee selvittää vastaanottavien vesistöjen nykyinen tila ja merkittävyys. Mikäli alueella sijaitsee herkkiä järviä, pienvesiä, kalojen kutupaikkoja, pinta- tai pohjavedenottamoita, luonnonvaraisia kosteikkoja tai kunnostettuja vesistöjä, määräävät ne käsittelytarpeen laajuuden. Vastaanottavien vesistöjen ominaispiirteiden lisäksi on tunnistettava paikallisen ilmaston ja maaperän ominaisuudet. Tiet rakennetaan usein harjualueille ja harjualueet ovat usein merkittäviä pohjaveden muodostumisalueita. Mikäli pohjatutkimuksien perusteella on todettu kallion sijaitsevan pinnassa ja pintamaakerroksen olevan ohut, on esimerkiksi imeyttävien rakenteiden käyttö epäkäytännöllistä. Epäkäytännöllistä on myös imeyttävän rakenteen sijoittaminen saviseen maahan. Saviseen maahan soveltuu paremmin esimerkiksi allasmainen rakenne, johon on suunniteltu pysyvä vesipinta. Maaston ominaisuuksien lisäksi valuma-alueen koko vaikuttaa rakenteen soveltuvuuteen kohteessa. Suomessa on neljä vuodenaikaa, jotka tulee huomioida rakennetta valitessa. Osa rakenteista on toimintakykyisiä myös talviaikaan. Talviaikaan rakenteelle ei saa aiheutua vahinkoa routaantumisen eikä routimisesta. Keväällä lumen sulamisen aikaan rakenteet joutuvat käsittelemään hyvinkin suuria hulevesimääriä. Rakenteita ei ole järkevää mitoittaa käsittelemään kaikkia hulevesiä vaan mitoituksen ylittävälle hulevesille tulisi varata tulvareitti tai -alue. On ennustettu, että kesäisin kuivat sateettomat kaudet pitenevät. Kuivuudesta on haittaa etenkin rakenteille, joihin on suunniteltu pysyvä vesipinta. Esimerkiksi kuivuneen lammikon tai kosteikon pohjalle laskeutunut kiintoaines tulee huuhtoutumaan pitkää kuivaa kautta seuraavan rankkasateen myötä. Edellä mainitussa tapauksessa rakenne ei täytä toiminnallensa asetettuja vaatimuksia vaan rakenteesta poistuvien hulevesien haitta-ainepitoisuus voi olla suurempi kuin sinne virtaavien hulevesien haitta-ainepitoisuus. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 168–170.)

Rakenne tulee valita sille määritetyn tarpeen mukaan. Samalla rakenteella voidaan tarvittaessa käsitellä hulevesiä sekä laadullisesti että määrällisesti. Yksinkertaisimmillaan rakenne keskittyy vain yhteen menetelmään, kuten pohjavedeksi imeyttämiseen, vedenlaadun parantamiseen, uomien suojaamiseen eroosiolta tai huippuvirtaamien tasaamiseen. Rakenteita varten tulee varata riittävästi tilaa ja niiden kunnossapitoa varten rakenteen luokse tulee olla esteetön pääsy. Kunnossapidon resurssien vuoksi huoltotoimenpiteiden, joita rakenne vaatii, tulee olla mahdollisimman vähäisiä. Rakennetta sijoitettaessa tulee huomioida peruskuivatustaso ja riittävä korkeusero

rakenteen ylä- ja alaosan välillä, jotta tavoitellut virtaamat saavutettaisiin. Imeyttävän rakenteen ja pohjaveden väliin tulee jäädä riittävä maakerros, jotta haitta-aineet pidättyisivät maaperään eivätkä kulkeutuisi pohjaveteen. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 168–170.)

Hulevesien hallintarakennetta valitessa tulee vertailla rakenteen tuomia hyötyjä ja rakenteesta aiheutuvia haittoja. Hulevesien käsittelyrakenteiden toteuttamisesta seuraavat taloudelliset hyödyt kohdistuvat pääosin ympäristöön. Hyötyjen lisäksi rakenteista saattaa myös aiheutua haittoja. Pysyvät vesipinnat ja kostea maaperä voivat houkutella alueelle esimerkiksi kiusallisiksi koettuja hyttysiä. Hyttysten lisääntymistä voidaan rajoittaa pitämällä imeyttävien rakenteiden imeytysajat lyhyinä. Etenkin syksyisin talvehtivien hyttyslajien munat tuhoutuvat, jos vettä pidättävä allas tyhjenetään. Tienkäyttäjät saattavat kokea rakenteen tieympäristöä rumentavaksi elementiksi. Ympäristöön kohdistuvia esteettä haittoja voidaan lieventää maisemasuunnittelulla. Lisäksi rakenteeseen keräytyvät roskat ja niistä aiheutuvat hajuhaitat voivat häiritä alueella liikkuvia. Rakenteiden puhtaanapito on osa tieympäristön kunnossapitoa. (Minnesota Stormwater Committee 2008.)

Hulevesien hallinta tulisi huomioida etenkin rakentamisen aikana ja muutamia vuosia hankkeen valmistumisen jälkeen, jolloin kiintoainekuormitus on suurimmillaan. Rakentamisen ajaksi olisi hyvä laatia erillinen hulevesien hallintasuunnitelma, jonka mukaan hulevesien hallinta järjestetään työmaalla. Usein vallitsevat maaperäolosuhteet ja hulevesien hallinnan tarpeet tarkentuvat vasta rakentamisen alkaessa tai edetessä. Rakentamisen aikaista hulevesien hallintasuunnitelma tulisi siis tarkastella rakentamisen alettua ja tarvittaessa suunnitelmaa tulisi täydentää vastaamaan työkohteen tarpeita. (Minnesota Stormwater Committee 2008, 168–170.)

5.2 Pintajärjestelmä

Hulevesien hallinnan kannalta paras tapa hulevesien keräämiseen ja johtamiseen on pintajärjestelmä. Avoin pintajärjestelmä voi koostua avo-ojista ja -uomista, painanteista sekä tarvittaessa rummuista ja muista rakenteista. Pintajohtamisella voidaan hidastaa virtaamia, laskeuttaa epäpuhtauksia ja imeyttää hulevesiä maaperään. Hallintaa voidaan tehostaa kasvillisuudella, pienillä pituuskaltevuuksilla ja uoman riittävällä pituudella. Avo-ojien suurimpia ongelmia ovat eroosio ja sortumat, jotka ovat seurausta jyrkistä luiskista, puutteellisesta eroosiosuojauksesta sekä kunnossapidosta. Avo-ojat olisi hyvä suunnitella perinteistä monimuotoisimpina, kiinnittäen huomiota ulkonäköön ja ekologiseen merkitykseen. Avo-ojat, joihin kerääntyy huleve-

siä suurilta valuma-alueilta tulisi mitoittaa hydraulisesti. Pintajärjestelmä on ensisijaisesti tarkoitettu hulevesien keräämiseen ja siirtämiseen parempaan purkupaikkaan, jolloin koko hulevesimäärän viivyttämiseen tai imeyttämiseen ei tulisi pyrkiä. Johtamismenetelmien yhteyteen voidaan tarpeen mukaan rakentaa lisäviivytystilavuutta esimerkiksi kosteikon, viivytyspainanteen tulvatasanteen tai muun vastaavan rakenteen muodossa. (Suomen Kuntaliitto 2012, 157–159.)

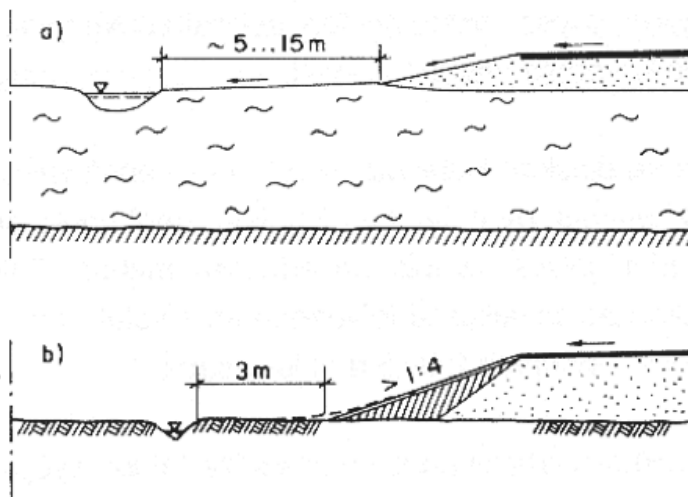
Erilaisia avouomia ovat sivuojat, niskaojat sekä laskuojat. Sivuojilla voidaan kuivattaa tien rakennekerroksia, kerätä tieltä ja tieympäristöstä valuvat pinta- ja hulevedet sekä johtaa nämä laskuoihin, hulevesien käsittelyrakenteeseen tai muulle sopivalle purkautumispaikalle. Sivuojen on seurattava tien linjausta. Lasku- ja niskaojen linjaaminen on vapaampaa. Jos virtaus avouomassa on suuri, voidaan virtauseroosiota hillitä ja uoman monimuotoisuutta lisätä linjaamalla uoma mutkittelevaksi. Lisäksi virtauksia voidaan viivyttää rakentamalla uomaan pohjaan patoja tai kynnyksiä. Porrastusta voidaan tehdä myös luiskiin, jolloin porrastus vähentää pintavesivesieroosiota. Uoman reunoille on hyvä istuttaa rantakasvillisuutta, etenkin puustolla ja pensaikolla on virtaamia hidastava vaikutus. Elävöitetty uoma toimii myös maisemaelementtinä. Ojien ja uomien luiskat eivät saa olla liian jyrkkiä ja tarvittaessa ne tulee eroosiosuojata. Eroosiosuojauksia on käsitelty tarkemmin kohdassa 5.7. (InfraRYL 2012, 12130, 12210, 12330; Jormola ym. 2003, 22.)

Pintajärjestelmän eri osiin kohdistuu kunnossapitotoimenpiteitä. Avo-ojien toimivuus tulee varmistaa poistamalla uomista vettä padottavat esteet. Tukkeutuneet rummut ja kaivot tulee avata ja rikkoontuneet uusia. Tarvittaessa rumpujen ja kaivojen korkeus-
tasoja on muutettava vastaamaan vaadittavaa purkutasoa. Luiskat tulee niittää säännöllisesti ja vesakot raivata; tien viheralueiden tulee olla elinvoimaisia. Tieympäristö tulee pitää puhtaana roskista ja tieympäristöllä tulee olla selkeä ja hoidettu yleisilme. Keväisin hiekoitushiekka tulee harjata päällystetyiltä teiltä kosteana ja lisäksi taa-
jama-alueilta keräävällä laitteella. Laskuojat on perattava, tiet ojitettava ja haitalliset palteet poistettava. Kunnossapitotoimenpiteillä varmistetaan järjestelmän toiminta. (Tiehallinto 2006; Pääkkönen 2013.)

5.2.1 Sivuojat

Sivuojilla kuivatetaan tierakennetta, kerätään tieltä sekä tien ympäristöstä valuvat pinta- ja hulevedet ja johdetaan nämä laskuoihin, hulevesien käsittelyrakenteisiin tai muihin sopiviin purkautumispaikkoihin. Sivuoja käytetään muun muassa leikkaus-
osuuksilla ja matalilla penkereillä ympäröivän maaston viettäessä tielle päin. Aina

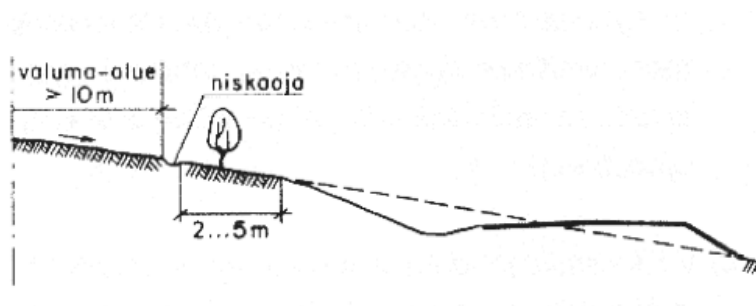
sivuojen rakentamiseen ei ole tarvetta. Sivuoissa tulee olla riittävä pituuskaltevuus, vähintään 0,4 %, jotta vesi ei lammikoituisi ojan pohjalle. Sivuojan syvyys tulee olla 0,2–0,5 metriä paikallisista olosuhteista ja ojalle määritetystä kapasiteetistä riippuen. Tarvittaessa ojasyvyyteen voidaan lisätä liettymisvara 0,2 metriä. Liettymistä voi tapahtua normaalitilannetta enemmän maaseudulla peltojen tai pensasistutuksien läheisyydessä. Liian syviksi oja ei tule suunnitella, sillä syvä oja on liikenteelle turvallisuusriski, esteettinen haitta sekä se voi heikentää tierakenteen ja luiskien pysyvyyttä. Ojan pohjaan tulee tehdä turvallisuussyistä metrin levyinen tasanne, jonka reunat on pyöristetty. Tien geometria ja tasaus tulee suunnitella siten että sopiva pituuskaltevuus hulevesien pois johtamiseksi saavutetaan. Lisäksi tien sivukaltevuuden tulee olla riittävä, jotta hulevesien lammikoituminen tielle tai sen reunaan estyy. Päälysteestä riippuen suositeltavaksi sivukaltevuudeksi on määrätty 3,0–5,0 %. Sisäluiskille esitetty kaltevuus vaihtelee 1:4–6 riippuen tien palvelutasosta ja rakennetyypistä. Ulkoluiskaksi suositeltu vähimmäiskaltevuus on 1:2. Usein sivuojat sijoitetaan ulkoluiskan jatkeeksi. Erityistapauksissa, esimerkiksi korkeilla penkereillä, sivuojan ja luiskien väliin on hyvä jättää tasanne. Tasanne luiskan ja ojan välillä vähentää muun muassa kiintoaineen kulkeutumista ojaan. Kuvassa 2 on esitetty sivuojan sijainti savi-kolla tai korkean penkereen yhteydessä. Ojan pohjalle ei saa asentaa rakenteita eikä laitteita, kuten esimerkiksi valaisinpylväitä. (InfraRYL 2009, 12130; Tielaitos 1993, 20–22.)



KUVA 2. Sivuojan sijainti a) pehmeiköllä ja b) korkean penkereen yhteydessä, mikäli tilaa on, mutta luiskaa ei kannata loiventaa (Tielaitos 1993, 21).

5.2.2 Niskaojat

Niskaojilla varmistetaan, etteivät ympäröivien alueiden pinta- ja suotovedet pääse vaurioittamaan tierakennetta. Niskaojat sijoitetaan leikkausluiskien yläpuoliseen rinneeseen vähintään yhden metrin etäisyydelle ulkoluiskasta. Niskaojan sijainti maaleikkauksessa on esitetty kuvassa 3. Pintavedet johdetaan niskaojia pitkin tiealueen ulkopuolelle, tarvittaessa pintavesikouruilla sivuojiin tai laskuojiin. Kaikkiin leikkauksiin niskaojia ei tule tehdä, vaan tarve määritellään yläpuolelta valuvan vesimäärän perusteella. Leikkauksen tulee olla ainakin 10–20 metriä pitkä, ennen kuin niskaojan rakentaminen on tarpeellista. Paljon hienoinesta sisältävä maaperä lisää niskaojan tarvetta. Niskaojan poikkileikkaus ja pituuskaltevuus mitoitetaan paikallisten olosuhteiden mukaisesti. Niskaojan syvyydeksi riittää yleensä 0,2–0,3 metriä ja pohjanleveydeksi työkonen vaatima vähimmäisleveys. Suositelluksi pituuskaltevuudeksi on asetettu vähintään 0,4 %. Mikäli niskaojan kaltevuus on niin suuri, että veden virtaus aiheuttaa eroosiota, tulee kiintoaineksen huuhtoutuminen ehkäistä erilaisin verhouksin tai vahvistein. (InfraRYL 2009, 14331, 12210; Tielaitos 1993, 24–25.)



KUVA 3. Niskaojan sijainti maaleikkauksesta (Tielaitos 1993, 25)

5.2.3 Laskuojat

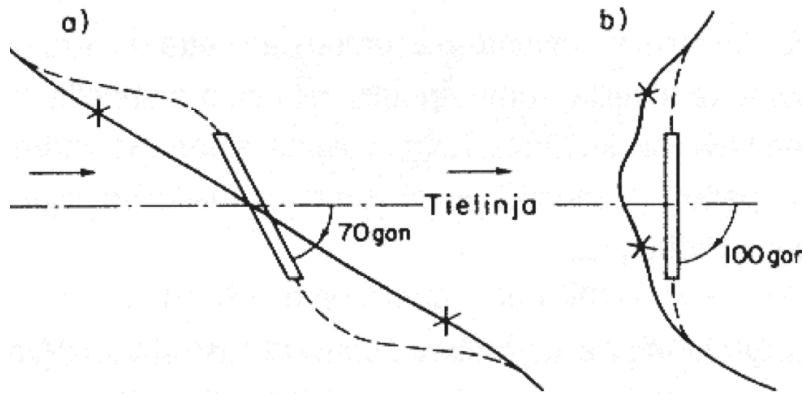
Sivuojiin ja niskaojiin kertyneet vedet johdetaan tiealueelta laskuojia pitkin sopiviin maastonkohtiin, purkupaikkoihin tai luonnonuomiin, missä niistä ei aiheudu vahinkoa ympäristölle. Laskuoja tulee kaivaa alavirtaan niin pitkälle, että pohja yhtyy luonnon uomaan. Mikäli alueella ei ole luonnonuomaa, esimerkiksi ojittamattomilla soilla, tulee laskuojat kaivaa niin pitkälle, ettei ojan liettymistä tiealueella tapahdu. Suunnittelualueella sijaitsee tavallisesti olemassa olevia peltojen, soiden ja metsien laskuojia. Olemassa olevien laskuojien hyödyntämismahdollisuudet tulee selvittää suunnittelun yhteydessä. Kun joudutaan rakentamaan uusia laskuojia, niitä ei saa sijoittaa ton-teille, varastopaikoille, uimarannoille, salaojitetuille pelloille eikä vastaaviin paikkoihin

ilman maanomistajan lupaa. Mikäli luonnonuomaa aiotaan siirtää, tulee toimenpidettä varten anoa tarvittavat lausunnot ja luvat paikalliselta ympäristöviranomaiselta. Laskuojan pohjan vähimmäisleveydeksi on määritetty 0,2–0,5 metriä ja tavoitteelliseksi pituuskaltevuudeksi 0,4 %. Mikäli laskuoja on loiva, voidaan rummun tukkeutumista ehkäistä sijoittamalla rumpu mahdollisimman korkealle ja suunnittelemalla laskuojalle alkupäästä 0,5–1,0 % suurempi kaltevuus kuin muulle ojalle. Kun valuma-alue on suurempi kuin 20 hehtaaria on laskuoja hyvä mitoittaa hydraulisin laskelmin ja tarvittaessa leventää uoman pohjaa. Hienorakeisissa maaperissä ojan pohjan kaltevuuden ylittäessä 2 % on eroosio estettävä putousportilla. Luiskankaltevuusvaatimukset määräytyvät maalajin ja ojan syvyyden mukaan ja vaihtelevat välillä 1:1–1:3. (Infra-RYL 2009, 12310; Tielaitos 1993, 23–24.)

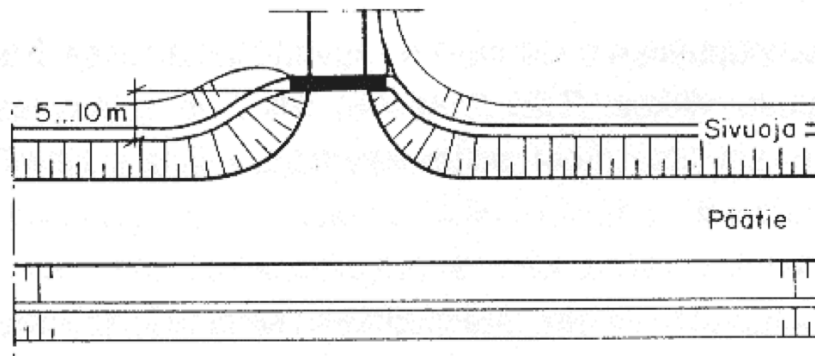
5.2.4 Rummut ja sillat

Pienet hulevesimäärät johdetaan rumpujen avulla tierakenteen alitse. Suuremmat laskuojat tai luonnon uomat ylitetään siltarummuin tai vesistösiltoin. Rakenteilla tulee olla riittävä vedenkuljetuskapasiteetti, kestävyys sekä niiden tulee olla riittävän helposti huollettavissa. Rumpu tulee asentaa siten, ettei haitallista padotusta tapahdu. Kaltevuudessa tulisi tavoitella yli 1 %. Rummut voivat olla betonisia, teräksisiä tai muovisia; käytettävä materiaali valitaan maaperän syövyttävyyssominaisuuksien ja suolausasteen perusteella. Rumpujen ja siltojen suunnittelussa hulevesien kannalta olennaista on riittävän kokoisen aukon valinta. Rumpukoon valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa mitoitusvesimäärä, yläpuolisen valuma-alueen koko ja sen ominaispiirteet, rumpuun laskevien ojien kaltevuudet ja rummun materiaali sekä sen huollettavuus. Pienemmät rumpuaukot voidaan valita kokemukseräisesti, mutta suuremmat rummut tulee mitoittaa laskelmin. Mitoituksessa voidaan hyödyntää aukkolausuntoa, mikäli sellainen on laadittu kohteesta. Aukkolausunnosta tulee selvittää vähintään mitoitus tiedot, aukkomitat ja tiedot rakennetta koskevista rajoituksista. Lausunnossa voidaan antaa suosituksia koskien rakenteen suunnittelua tai sen rakentamista. Rakenne ei saa aiheuttaa ympäristölle tulvavaaraa, olla esteenä yläpuolisten alueiden maankuivatukselle eikä se saa kaventaa uomaa niin paljon, että padotuksesta seuraa eroosiota. Rakenteiden tulee toimia suurten tulvien aikaan, eikä niistä saa aiheutua kulkuestettä kaloille tai vesiliikenteelle. Tarvittaessa routaheittojen tasaukseksi rumpua varten rakennetaan siirtymäkiila. Rumpu tulee sijoittaa lähelle olemassa olevaa uomaa. Kun tie ylittää olemassa olevan uoman vinosti tai uoma on mutkitteleva, sijoitetaan rumpu 70–130 gonin suuntakulmassa tielinjaan nähden. Rummun sijoittaminen vinoon tai mutkittelevaan uomaan on esitetty kuvassa 4. Liittymärumpu tulee sijoittaa liittymätyypistä riippuen noin 5–10 metrin etäämmälle si-

vuojalinjasta, kuvan 5 mukaisesti. Rummun oikea sijoittaminen vähentää materiaali-
menekkiä, parantaa liikenneturvallisuutta ja tieympäristön ulkonäköä. Lisäksi kaikkien
yli 800 millimetrinen rumpujen päät on suositeltu viistettäväksi turvallisuus- ja ulkonä-
kösyistä. (InfraRYL 2009, 12330; Syrjätä & Järvenpää 2010, 5, Tielaitos 1993, 49–
52.)



KUVA 4. Rumpu sijoitetaan yleensä 70, 100 tai 130 gonin kulmassa vinon tai mutkai-
sen uoman yhteydessä (Tielaitos 1993, 49).



KUVA 5. Liittymärumpu tulee sijoittaa sivuojalinjasta 5–10
metriä etäämmälle (Tielaitos 1993, 50)

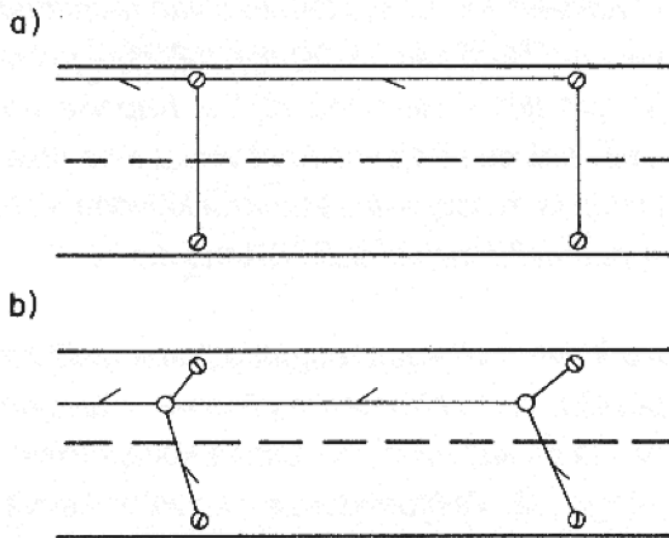
5.3 Putkijärjestelmä

Putkijärjestelmä muodostuu hulevesiviemäreistä, salaojista ja niihin liitettävistä kai-
voista, pumppaamoista ja muista rakenteista. Putkijärjestelmiä on rakennettu paljon
taajama- ja kaupunkialueille. Putkijärjestelmät sijoitetaan maan alle, jolloin ne ovat
poissa näkyvistä ja vievät vähän tilaa. Maan alle sijoitettuna rakenne on putkirikkoti-
lanteessa työläs huoltaa. Hulevesien kerääminen hulevesiviemäriin ja johtaminen

putkijärjestelmässä keskitetysti purkupaikalle aiheuttaa purkupaikan eroosiota ja voi laskea pohjavedenpintaa haitallisesti kuivatettavalla alueella. Taajama-alueilla olisi hyvä tarkastella mahdollisuuksia siirtää pintajärjestelmän käyttöön hulevesien johtamiseksi. Järjestelmiä on myös mahdollisuus käyttää rinnakkain. Tiealueilla putkijärjestelmien käyttö on vähäisempää, mutta joissakin tapauksissa salaojan tai hulevesiviemärin rakentaminen on välttämätöntä. Mallintamisen hyödyntäminen putkijärjestelmää suunniteltaessa on suositeltavaa ja toisinaan välttämätöntä.

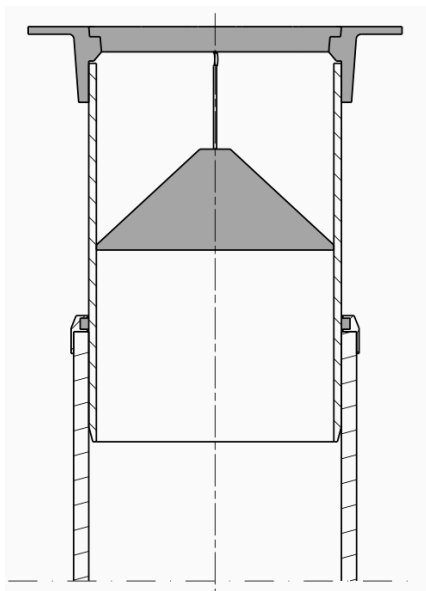
5.3.1 Hulevesiviemäri

Hulevedet voidaan koota sadevesikaivojen kautta hulevesiviemäriin, jonka avulla ne johdetaan pois tiealueelta. Hulevesiä voidaan johtaa joko seka- tai erillisviemäriissä. Sekaviemäröinnissä hulevedet johdetaan jätevesien kanssa samassa putkistossa jätevedenpuhdistamolle. Sekaviemäröintijärjestelmän tulviessa seuraukset ovat epämiellyttäviä. Jätevedet purkautuvat maastoon tai suoraan vesistöön aiheuttaen hajuja ympäristöhaittoja. Erillisviemäröinti on nykyaikainen ratkaisu ja sillä on pyritty korvaamaan vanhat sekaviemäröintijärjestelmät. Erillisjärjestelmällä hulevedet ja jätevedet johdetaan erillisissä putkistoissa. Tiealueelle hulevesiviemäri voidaan rakentaa siinä tapauksessa, kun hulevesiä ei voida johtaa suoraan sivuojiin. Hulevesiviemäriä voidaan tarvita tapauksissa, jolloin kyseessä on reunatuellinen poikkileikkaus, kaksiajoratainen tie keskikaistalla, alikulku tai risteyssilta. Kuvassa 6 esitetään kaksi esimerkkiratkaisua viemärin runkolinjasta. Runkolinjaan suositellaan rakennettavaksi tarkastuskaivot ritiläkaivojen sijaan. Viemäri tulee aina sijoittaa routarajan alapuolelle tai suojata muutoin jäätymistä vastaan, esimerkiksi lämpöeristein tai lämmityskaapelein. Ilmastonmuutoksen seurauksesta routarajan odotetaan nousevan lähemmäksi tien pintaa, minkä seurauksesta viemäreiltä vaadittava asennussyvyys saattaa pienetä. Hulevesiviemäriä voidaan rakentaa betonista, muovista tai teräksestä. (Suomen Kuntaliitto 2012, 190; InfraRYL 2009, 12320; Saarelainen & Makkonen 2007, 44; Pääkkönen 2013.)



KUVA 6. Hulevesiviemärin runkovaihtoehdot (Tielaitos 1993, 29)

Hulevesiverkoston runkojohto ja kaivot tulee sijoittaa tierakenteessa sellaiseen sijaan, että mahdollisista huoltotoista ja kaivon kansista aiheutuva haitta liikenteelle on mahdollisimman vähäinen. Hulevesijohtoa mitoitettaessa määrääviä tekijöitä ovat mitoitusvirtaama, pituuskaltevuus ja putkimateriaali. Mitoitusvirtaamana käytetään rankkasadetta tai rankkasateen ja lumen sulamisen aiheuttamaa virtaamaa. Mitoitusparametrien avulla voidaan selvittää hulevesiviemärin putken halkaisija tavoitellulle virtausnopeudelle. Suunnittelussa voidaan käyttää apuna Prandtl-Colebrookin nomogrammia. Viemärin minimikaltevuuden tulisi olla vähintään 0,3 % ja virtausnopeuden tulisi ylittää 0,8 metriä sekunnissa. Hulevesiverkoston purkupäässä tulee huomioida purkautuvien vesimassojen aiheuttama eroosio suojaamalla putken pää esimerkiksi murske- tai louheverhouksella. Hulevedet on hyvä johtaa vesistöihin vihervyöhykkeiden kautta, jolloin haitta-aineet suodattuvat kasvillisuuteen ja vesistön kuormitus on vähäisempää. Jäätymisen estämiseksi purkuputken päähän voidaan asentaa jäätymissuoja, joka voi olla muovinen läppä tai yksinkertaisimmillaan esimerkiksi pala juuttikangasta. Myös hulevesikaivoihin voidaan asentaa kylmän ilmavirran pysäyttävä kartion muotoinen jäätymissuoja. Kuvassa 7 on esitetty hulevesikaivoon sijoitettava jäätymissuoja. (InfraRYL 2012, 12320, 31200; Tielaitos 1993, 11–15, 29–35, 45; Suomen Kuntaliitto 2012, 268–169.)



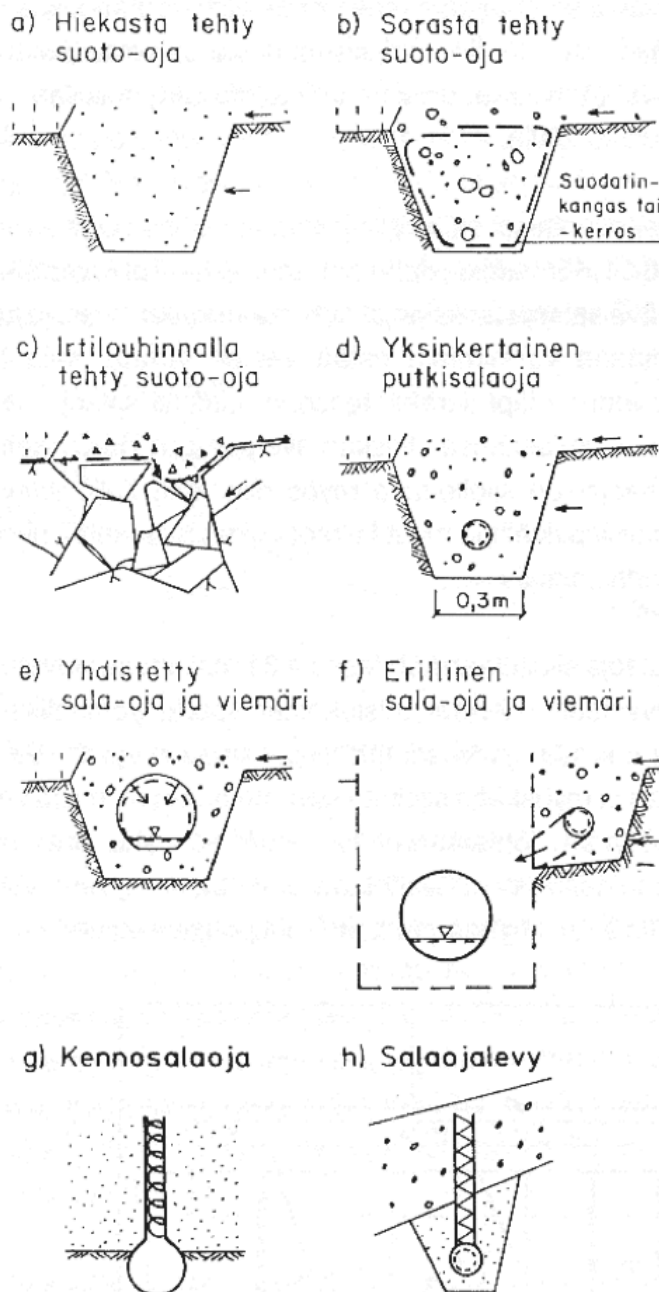
KUVA 7. Hulevesikaivon jääty-
missuoja (InfraRYL 2012/1,
31200.3.2.1, © Rakennustie-
tosäätö RTS 2013)

Putkistoon ei saa päästä roskia eikä kiintoainesta, jotka voivat tukkia viemärin, heikentää sen toimintakykyä tai aiheuttaa padotusta. Kunnossapitotoimenpiteet kohdistetaan useimmiten kaivoihin, joiden sakkapesät puhdistetaan kiintoaineksesta ja roskista. Mikäli kiintoaine ja roskat kulkeutuvat putkistoon tukkien järjestelmän, voidaan verkostoa puhdistaa huuhtelemalla. Hulevesijärjestelmän toimivuutta tulee tarkastella jatkuvasti, jotta mahdolliset tukkeumat tai putkirikot eivät aiheuttaisi suurempia ongelmia tierakenteelle. Havaittujen ongelmien syy tulee selvittää ja tarvittavat toimenpiteet suorittaa ongelman paikantamisen jälkeen välittömästi. (Suomen Kuntaliitto 2012, 265.)

5.3.2 Salaoja

Salaojilla voidaan kuivattaa tien rakennekerroksia, jolloin rakenteen kantavuus paranee ja routivuus vähenee. Salaojiin johdetaan hulevesiä vain poikkeustapauksissa, tällöin kyseessä on yhdistetty salaoja- ja hulevesiviemäri. Jotta hulevedet eivät johduisi salaojiin on luiskat ja ojien pohjat verhoiltava vettä heikosti johtavalla materiaallilla. Mikäli salaojissa johdetaan kuivatusvesiä vain lyhyitä matkoja, alle 100 metriä, salaoja voidaan korvata suoto-ojalla. Suoto-ojaa käytettäessä johdettavan vesimäärän on oltava vähäinen ja rakenteelle riittävä 2 % pituuskaltevuus on saavutettava. Kuvassa 8 on esitetty erilaisia suoto- ja salaojia. Salaojaa ympäröivän täytön tulee johtaa vettä riittävästi. Täytön tulee olla rakeisuudeltaan sellaista, ettei se tuki sala-

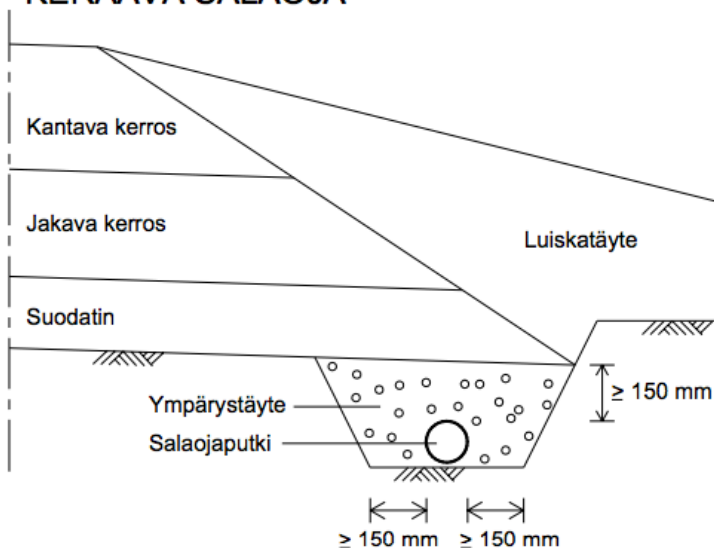
ojaputkien reikiä. Tarvittaessa salaoja voidaan suojata kasvillisuuden juuriston tai maa-aineksen aiheuttamilta tukkeumilta suodatinkankaan avulla. Salaojaputket valmistetaan muovista ja ne voivat olla kaksi- tai kolmeseinämäisiä. Salaojaputkien vedenottokyky vaihtelee tuotekohtaisesti riippuen putken rei'ityksestä, läpimitasta ja mahdollisesti käytetystä suodatinkankaasta. (InfraRYL 2009, 12120; Tielaitos 1993, 42–45; Suomen Kuntaliitto 2012, 265.)



KUVA 8. Periaateratkaisuja erilaisista sala- ja suoto-ojista. Vedenläpäisevyys paranee vaihtoehdosta a vaihtoehtoon f. (Tielaitos 1993, 44)

Salaojaan muodostuvat mitoitusvirtaamat voidaan määrittää suotovirtauslaskelmin. Mikäli odotettavissa on huomattavia virtaamia, putkikoot voidaan määrittää mitoituslaskelmin. Putken halkaisijaksi on suositeltu 0,1 metriä ja vähimmäiskaltevuudeksi 0,4 %. Ilman erityistä syytä alle 1 % kaltevuuksia ei tulisi käyttää. Salaoja tulee sijoittaa sellaiseen sijaan, että rakenteeseen pidättynyt vesi virtaa salaojan suuntaan. Tierakenteessa salaoja sijoitetaan luiskalle alle 0,5–1,5 metrin etäisyydelle tien reunasta. Kuvassa 9 esitetään tierakenteesta kuivatusvesiä keräävän salaojan sijainti. Talvisin vajovedet eivät kerry salaojiin, joten tyhjen salaojan jäätymisellä ei ole merkitystä rakenteen toimivuuteen. Kuitenkin suositellaan, että salaoja sijoitetaan routarajan alapuolelle. Ilmastomuutoksen aiheuttama routautumissyvyyden pientyminen ei tule vaikuttamaan merkittävästi salaojille suositeltuun asennussyvyyteen. Asennussyvyys määräytyy pääosin kantavuuksille mitoittavien rakennekerrosten paksuuksien perusteella. Salaojavedet voidaan purkaa pengerluiskaan, sivuojaan, laskuojaan tai sadevesiviemäriin. Puhtaat vedet voidaan imeyttää myös maaperään. Salaojaputken sijaan purkuputkena käytetään rei'ittämätöntä muoviputkea. Purkuputki tulisi sijoittaa luiskalle läpi vähintään 45°:n kulmassa ja siitä tulisi näkyä vähintään 0,5 metriä. Pieneläimien pääsy salaojaan tulee estää ja putken pää sijoittaa vähintään 0,2 metriä ojan pohjan yläpuolelle. (InfraRYL 2012, 12120; Tielaitos 1993, 42–45; Saarelainen & Makkonen 2007; Suomen Kuntaliitto 2012, 268–169.)

TIEN RAKENNEKERROKSISTA VETTÄ KERÄÄVÄ SALAOJA



Koko kaivanto täytetään salaojan ympäristäyteellä
päälysrakennekerroksen alareunaan asti.

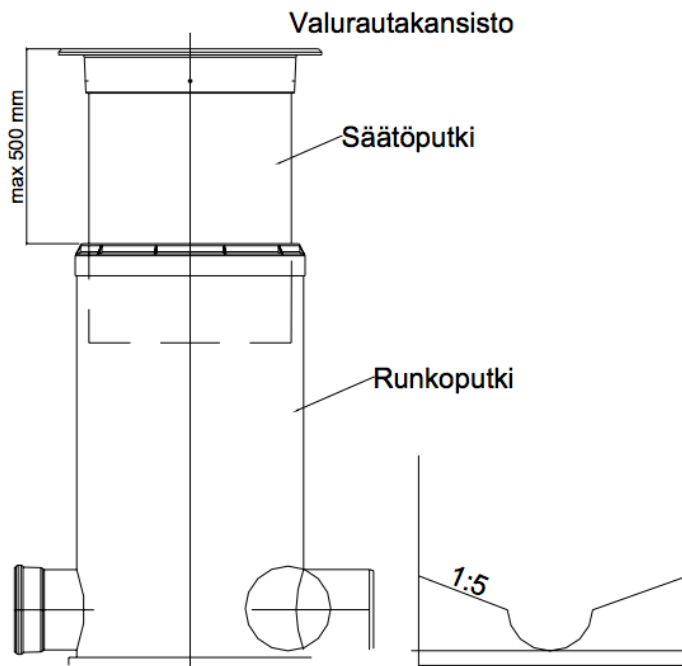
KUVA 9. Salaoja, jolla kerätään tien rakennekerrosten kuivatusvedet. (Tiehallinto 2004, 37.)

Salaojaverkostoon kohdistuvat kunnossapitotoimenpiteet muistuttavat hulevesiviemäriin kohdistuvia toimenpiteitä. Pääosa huoltotoimenpiteistä kohdistuu kaivoihin. Salaojaputkiston huuhteluun tulisi erityisesti kiinnittää huomiota rannikkoalueilla, missä putkistoon muodostuu ruostesakkaa. Salaojaputkisto suositellaan huuhdeltavaksi viiden vuoden välein. Salaojille suurimpia uhkia ovat puiden ja pensaiden juuristot, jotka voivat tukkia salaojia. Liikenneturvallisuussyistä tiealueen läheisyydessä ei sijaitse puustoa, joten salaojan tukkeutumisesta juuriston vaikutuksesta ei ole suurta riskiä. (Suomen Kuntaliitto 2012, 266.)

5.3.3 Kaivot ja pumppaamot

Kaivot ja pumppaamot ovat merkittävä osa putkijärjestelmää. Ritiäkannellisten kaivojen kautta kerätään pintavesiä hulevesiverkostoon. Lietepesien avulla estetään roskien ja kiintoaineksen siirtyminen putkistoon. Tarkastuskaivojen kautta voidaan suorittaa putkiston kunnossapitotoimenpiteitä. Pumppaamoilla johdetaan hulevesiä pois alavista kohdista paineellisesti tai alennetaan pohjavedenpintaa tarvittaessa.

Hulevesiä keräävää kaivoa kohti saa olla enimmillään 800 neliömetriä päällystettyä pinta-alaa. Kaivot tulisi sijoittaa paikkoihin, missä kaivojen kansista ei ole haittaa liikenteelle ja missä kunnossapitotyöt on turvallista suorittaa. Lisäksi kaivot tulee sijoittaa riittävän etäälle valaisinpylväistä, portaaleita ja muista rakenteista. Hulevesiviemärin yhteyteen rakennetun kaivon halkaisija on tyypillisesti 0,8 metriä. Kaivossa tulee olla riittävä, yli 300 litran, lietepesä. Tarkastuskaivoja sijoitetaan putkien haarautumiin sekä vaaka- ja pystytaitteisiin. Tarkastuskaivojen suositeltu etäisyys toisistaan suoralla putkilinjalla on 50–100 metriä. Kuvassa 10 on esitetty muovisen tarkastuskaivon rakenne. (Tielaitos 1993, 29–30.)



KUVA 10. Muovinen tarkastuskaivo (Tiehallinto 2004, 50.)

Salaojissa tarvitaan lietekaivo, kun kuivatusvesiä johdetaan yli 100 metrin matkalta. Lietekaivot on hyvä sijoittaa paikkoihin, missä virtausnopeus pienenee. Lietekaivot ovat halkaisijaltaan 0,4–0,6 metriä, riippuen kaivomateriaalista. Lietepesän minimisyvyys on 0,5 metriä. Salaojakaivot tulee rakentaa 50 metrin välein, poikkeustapauksissa kaivoväliä voidaan kasvattaa 60–80 metriin. Sovellettaessa poikkeustapausta kaivoväli edellyttää putken geometrialta yli 1 % pituuskaltevuutta. Rajoittavana tekijänä kaivoväliä suunniteltaessa on puhdistusletkun pituus, joka on pisimmillään 100 metriä. Tarkastuskaivoja voidaan lisätä putkilinjalle vaativissa kohteissa ja purkuputken liitoskohdassa. Kaivoista laaditaan suunnitteluvaiheessa kaivokortit, joista ilmenee muun muassa kaivon sijainti, tyyppi, koko, tiedot kansiston sijainnista sekä ominaisuuksista, yhteiden tulo- ja lähtösuunnat sekä korkeudet. Kaivokortit laaditaan kaivojen valmistamista sekä viemäriinlinjan rakentamista varten. Kuvassa 11 on esimerkki kaivokortista. (Tielaitos 1993, 45.)

DESTIA						KAIVOKORTTI
HANKE VALTATIE 5 PARANTAMINEN VÄLILLÄ PALOKANGAS–HUMALAJOKI					KAIVON NRO 3	
KAIVON Sijainti Tien tunnus Y_16_rs/ml		PAALU 875.58	VAS(-), OIK(+) -9.21	KOORDINAATIT (JÄRJ.) X= 6947892.45 Y= 3530777.90		
KAIVON Tyyppi Materiaali betoni		HALK. (mm) 800	PER.TAPA —	KANNEN KORK.TASO 115.06	POHJARENK.AS.TASO 112.24	KAIVON KORK. (mm) 2818
KANSI Materiaali valurauta		KOKO (mm) 600	KANT.(kN) 250	Tyyppi sadevesikupu	KANSISTON KORK.(mm) LVI NRO KANSI : KEHYS :	
<p>Sadevesikaivo rengaskaivo sakkapöydän korkeus 600 sakkapöydän tilavuus —</p> <p>1) KOORDINAATIT POIKIEN KEMPELLESTÄ 2) POHJARENKAAN ALUSTUS = POHJARENKAAN ALUSTUS - KANNEN KORKEUS - KAIVON KORKEUS 3) POHJARENKAAN ALUSTUS = POHJARENKAAN ALUSTUS 4) POHJARENKAAN ALUSTUS = POHJARENKAAN ALUSTUS 5) POHJARENKAAN ALUSTUS = POHJARENKAAN ALUSTUS</p>						
HUOM.						
YHTEYSHENKILÖ						
MERKKI	MUUTOS	PVM			SUUN.	TARK.
PVM 30.11.2012	SUUN Tapio Paikela				PIIR. NRO TT8-15	

KUVA 11. Kaivokortti, joissa on esitetty muun muassa kaivon sijainti, tyyppi, yhteiden tulo- sekä lähtösuunnat ja korkeudet. (Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT8-15.)

Hulevesien kertyessä alaviin kohtiin, ne voidaan johtaa pois alueelta paineellisesti pumppaamon avulla. Pumppaamo on hyvä sijoittaa siten, että poistoputki jää mahdollisimman lyhyeksi. Sijoituksessa tulee huomioida turvallisuus, huollettavuus ja ulkonäköseikat. Pumppaamo koostuu kaivosta, pumpusta, sisäisistä ja ulkoisista putkista sekä mittaus- ja ohjauskeskuksesta. Pumppaamo mitoitetaan rankkasateen aiheuttaman virtaaman perusteella. Mitoitussateen kesto aika sekä toistuvuus valitaan mitoitettavan kohteen merkittävyyden mukaisesti. Yleensä sateen toistumisajaksi valitaan 2–10 vuotta ja sateen kestoksi 5–10 minuuttia. Pohjavesivirtaamaksi oletetaan tavallisesti 10 %. (Tielaitos 1993, 35–36.)

Keväällä hiekoitushiekat tulee poistaa tiestöltä lumien sulamisen jälkeen, jottei putki-järjestelmä tukkeutuisi. Jotta hulevedet eivät lammikoituisi keväällä tiealueelle tulee

myös kaivon tukkiva jää poistaa ritaläkansista. Lietepesät tulee tyhjentää säännöllisesti. Kaivon kansien korkeusasema ja suoruus tulee tarkastaa silmämääräisesti ja pumppaamojen toimintaa tarkkailla jatkuvasti. (Suomen Kuntaliitto 2012, 265.)

5.4 Viivyttävä rakenne

Hulevesiä viivyttämällä voidaan hallita hulevesiä määrällisesti sekä laadullisesti. Viivyttävän rakenteen hulevesien laatua parantava vaikutus perustuu hienoaineksen laskeutumiseen virtausnopeuden hidastuessa. Kasvillisuudella voidaan tehostaa puhdistusta bioprosessin avulla. Viivyttävät rakenteet voivat rankkasateiden aikaan toimia varastoivina rakenteina. Vesimassojen viivyttäminen ja virtauksien hidastaminen vähentävät virtauseroosiota.

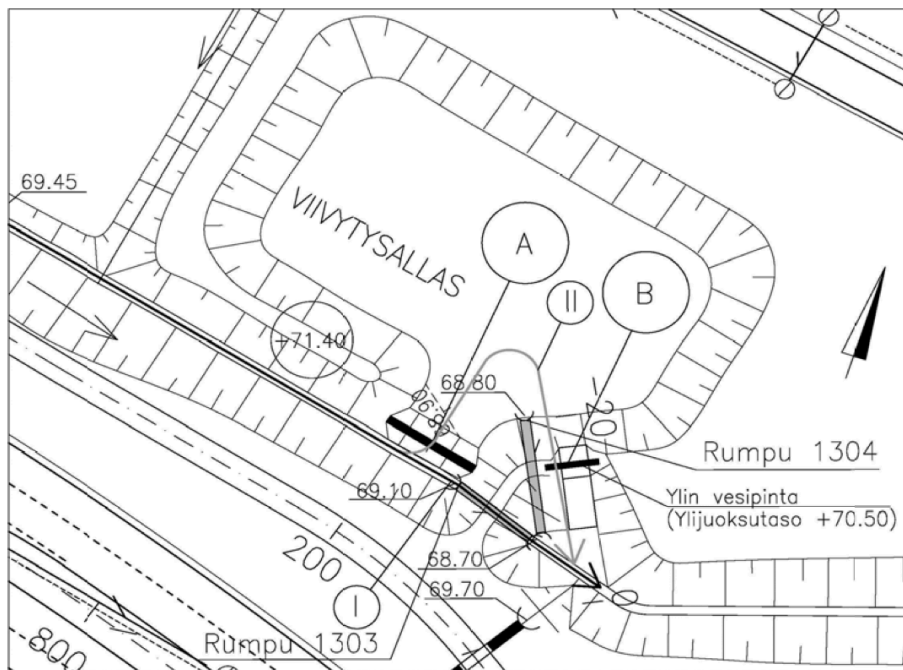
5.4.1 Lammikko ja viivytyksallas

Lammikon tarkoituksena on tasata virtaamahuippuja ja laskeuttaa kiintoainesta rakenteen pohjalle virtaamaa hidastamalla. Hulevedet varastoidaan rakenteeseen tietyn aikaa ja vapautetaan hiljalleen tulovirtaaman loputtua. Rakenne poistaa kiintoaineksen laskeuttamisen lisäksi epäpuhtauksia kasvillisuuden, bakteerien ja muiden mikro-organismien avulla tapahtuvan hajottamisen avulla. Rakenteen reunoille voidaan sijoittaa kasvillisuutta, joka vahvistaa rakenteen pysyvyyttä, lisää esteettisyyttä sekä turvallisuutta. Rakenteessa on tyypillisesti pysyvä vesipinta, jonka yläpuolelle varataan tilaa huleveden väliaikaista varastointia varten. Pysyvän vesipinnan saavuttamiseksi on rakenteen pohja rakennettava vesitiiviiksi vuoraamalla se läpäisemättömällä muovikelmulla, savikerroksella tai bentoniittimatolla. Lammikon lisäksi viivyttävänä rakenteena voidaan käyttää esimerkiksi kosteikkoa tai rakennettua allasta. (Suomen Kuntaliitto 2012, 173–257.)

Viivytyksrakenne tulee sijoittaa hulevesien johtamisjärjestelmän alapuolisille purkureiteille. Hyvä sijainti rakenteille on alava maastonkohta, mihin lietettä kertyy luonnostaan. Mikäli lammikko yhdistetään kosteikkoon, johdetaan hulevedet sinne lammikon kautta. Lammikon viivytystilavuutta ja purkautuvan veden määrää säädellään pohjapadoilla ja juoksutusrakenteilla. Pohjapato rakennetaan savesta tai moreenista ja verhoillaan kivillä. Hulevesien tulisi purkautua pohjapatoon rakennetun ylivuotoreunan, kapean raon tai purkuputken kautta 1–2 vuorokauden kuluttua täyttymisestään. Tulvaa varten padon ohitse voidaan rakentaa ylivuotoreitti mitoitus-tilavuuden ylittävää tilannetta varten. Lammikon alkupäähän voidaan rakentaa esikäsittelyä varten tassaallas, jolloin varsinainen allas lietty vähemmän ja sen huoltotarve vähenee. Ta-

sausaltaan koko tulee olla 10–15 % lammikon tilavuudesta ja sen erottamiseen varsinaisesta lammikosta käytetään pohjapatoa. Lammikossa kasvillisuuden merkitys on allasmaista rakennetta suurempi. Lammikon reunoille sijoitettavaa kasvillisuutta suunniteltaessa tulee suosia alueelle ominaista kasvillisuutta. Vesirajaan voidaan istuttaa taimia tai asentaa rantakasvillisuusmattoja. Ylimmälle vyöhykkeelle voidaan asentaa niittymatto tai niitty voidaan kylvää siemenistä. Kasvillisuusvyöhykkeen ylärajaan voidaan istuttaa myös esimerkiksi pajupistokkaita ja muita taimia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 173–257.)

Lammikon vesipinnan syvyys tulisi olla 1–2,5 metriä. Rakenteen luiskan kaltevuudet tulisi olla loivia, 1:4–1:5, jolloin saadaan istutuspinta-alaa kasvillisuudelle ja rannat sietävät paremmin eroosiota. Loivat luiskat lisäävät rakenteen läheisyydessä liikkuvien ihmisten ja eläinten turvallisuutta ja ne voidaan rakentaa myös porrastetuiksi. Lammikon pituuden ja leveyden suhde tulee olla vähintään 2:1. Allas voi olla vielä pidempikin leveytensä suhteen, jolloin sen puhdistusteho paranee. Rakenteen pinta-ala lasketaan mitoitusvesimäärän ja halutun vesisyvyyden perusteella. Kuviossa 12 on esitetty virtaamia tasaava allas, joka on toteutettu moottoritien rampin välialueelle. (Suomen Kuntaliitto 2012, 173–257.)



KUVA 12. Esimerkki virtaamia tasaavasta altaasta moottoritien rampin läheisyydessä (Liikennevirasto 2013, 21.)

Hulevesien viivytys on käyttökelpoinen menetelmä myös talviolosuhteissa, vaikka lumi ja jää vievät osan käsittelytilavuudesta. Lumenvarastointipaikkana rakennetta ei kuitenkaan tule käyttää. Lietteen määrää ja vedenlaadun tilaa lammikossa tulee tark-

kailla jatkuvasti. Etenkin syksyllä on huolehdittava rakenteen puhdistamisesta, jotta allas toimisi mahdollisimman hyvin keväällä ilman tukkeumia purkurakenteessa. Lammikon kasvillisuutta tulee hoitaa säännöllisin niitoin ja pohja tulee ruopata 10–15 vuoden välein kasvillisuuden rehevöityessä. (Suomen Kuntaliitto 2012, 173–257.)

5.4.2 Kosteikko

Kosteikko muistuttaa rakenteeltaan lammikkoa. Lammikkoon verrattuna kosteikon kasvillisuus on runsaampaa ja vesisyvyys pienempi. Kosteikot soveltuvat suurien valuma-alueiden hulevesien määrälliseen ja laadulliseen hallintaan. Kosteikoissa on pääosan vuodesta pysyvä vesipinta ja kuivimpina kausinakin rakenteen tulee säilyttää kosteutensa. Hulevesien puhdistusteho kosteikoissa perustuu virtaaman viivytämiseen ja liukoisten ravinteiden, kuten fosforin ja typen sitomiseen kasvillisuuden avulla. Jotta rakenne vähentäisi liukoisten ravinteiden aiheuttamaa kuormitusta, tulee viipymän olla pitkä ja maaperän sekä kasvillisuuden tila kosteikossa oikeanlainen. Jos kosteikko sijoitetaan maaperään, joka on hyvin ravinnerikas, esimerkiksi pelto tai viljelyalue ja sinne johdettavan huleveden ravinnepitoisuus on pieni, saattaa kosteikko päästää enemmän ravinteita kuin sinne johdettava vesi sisältää. (Suomen Kuntaliitto 2012, 175–176.)

Tyypillisesti luonnonvaraiset kosteikot sijaitsevat notkoissa, joiden pohjalla kulkee matala vesiuoma. Kosteikkoja rakennettaessa on hyvä suosia kosteikoille luonnonomaista sijaintia. Jotta hulevedet olisivat helposti johdettavissa kosteikolle, kosteikko tulisi sijoittaa olemassa olevan tai suunnitellun laskuojan yhteyteen tai hulevesien johtamisreitit läheisyydessä olevaan maastopainanteeseen. Myös kosteikon kasvillisuudelle jatkuvasta veden saannista ja vaihtuvuudesta on etua. Suurempien luonnonuomien muuttamista kosteikoksi tulee välttää, ettei eliöiden vapaa kulku estyisi. Kosteikot vaativat tilaa ja sijoituskohdan huolellinen valitseminen voi huomattavasti vähentää rakentamisesta aiheutuvia kaivutöitä. Kosteikkojen luokse on rakennettava huoltotiet tai niiden tulee muutoin olla helposti saavutettavissa kunnossapitotöiden vuoksi. (Suomen Kuntaliitto 2012, 175–176, 175; Jormola ym. 2003 39.)

Kosteikot ovat pinnanmuodoiltaan vaihtelevia, mikä mahdollistaa useiden kasvilajien menestymisen rakenteessa. Avovesipintailla syvemmänveden alueilla ja ajoittain tai harvoin vedenpinnan alle peittyvillä korkeammilla harjanteilla voidaan saavuttaa monipuolinen biologinen toiminta. Yksinkertaisin keino toteuttaa kosteikko on padota ojan tai noron yhteyteen purku-uoma. Patokynnys on rakennettava riittävän vankkarakenteiseksi, jotta se ei vaurioidu tulvimishetkellä. Rankkasateen aikana vesi nousee

perusuoman yläpuolelle muodostaen tulva-alueen. Kuivina kausina veden virtaus tulisi varmistaa padon läpi purkuputkella. Vaihtoehtoisesti rakenteen ohi voidaan rakentaa ylivuotoreitti. (Suomen Kuntaliitto 2012, 175–176.)

Vedenpinnan keskisyvyys kosteikoissa on vain muutamia senttimetrejä. Luiskakaltevuuden ja lähimaaston kaltevuuden tulisi olla 1:4–1:5. Rakenteen pituuden ja leveyden suhteen tulisi olla 2:1. Rakenteen toimivuus paranee pituuden kasvaessa leveyden suhteen, kuten allasmaisillakin rakenteilla. Kosteikon viivytystilavuus tulisi mitoitaa siten, että rakenne tyhjenee viimeistään kahden vuorokauden kuluessa täytymisestään. Rakenteen alkupäähän ja loppupäähän on hyvä sijoittaa syvemmät vesialueet. Alkupään syvänveden alue toimii tasausaltaana, johon kiintoaines laskeutuu. Tasausaltaan tilavuuden tulee olla 10–15 % koko kosteikon tilavuudesta. Loppupäässä sijaitseva syvänvedenalue toimii lietetilana. Ainakin ajoittain syvänvedenalueelle voi muodostua hapeton alue, mikä on olennainen elementti typen poistamiseksi. Hapettomissa olosuhteissa viihtyvät mikrobit ja denitrifikaatiobakteerit muuttavat typen kaasumaiseen muotoon ja vapauttavat sen vaarattomammassa muodossa ilmaan. (Suomen Kuntaliitto 2012, 175–176.)

Kosteikkojen toiminta perustuu hyvin pitkälle kasvillisuuden puhdistavaan vaikutukseen. Oikein toteutettuna kosteikko on lammikkoa tai allasta tehokkaampi hulevesien puhdistaja bioprosessinsa vuoksi. Kasvillisuutta suunniteltaessa hyödynnetään kosteille alueille luonnonmukaista kasvillisuutta ja vedenkorkeuden vyöhykkeellisyyttä. Kasvillisuuden tulisi muuttua veden syvimmästä kohdista kuivalle maalle edeten uposlehtisistä kelluslehtisiin ja kosteikkokasveista rantavyöhykkeen kasveihin. Kasvillisuuden monipuolisuus lisää puhdistustehoa. Pensaista paju ja puista tervaleppä soveltuvat rantakasvillisuudeksi erinomaisesti. Puilla on myös kosteikkoa varjostava ja vesistöä viilentävä vaikutus. Lisäksi rantakasvillisuuden tehtävänä on hillitä vesikasvien liiallista kasvua. Kosteikkoja toteutettaessa tulee huomioida ajanjakso, jonka kasvillisuus vaatii juurtuakseen. Rakennetta ei tulisi kuormittaa suurilla vesimassoilla ennen kuin kasvillisuus pysyy kiinni alustassaan. Rakenteen käyttöönottoa voidaan nopeuttaa asentamalla valmiita kasvillisuusmattoja tai käyttämällä eroosiosuojusta. (Suomen Kuntaliitto 2012, 175–176, 223–224.)

Kosteikko on elinvoimaisin kesäkuukausina, talvisin kosteikon toimivuus heikkenee. Kosteikon ja lammikon kunnossapitotoimenpiteet ovat samankaltaisia; rakenteen toimivuus tulee varmistaa puhdistamalla se roskista, lietteestä ja pohjalle laskeutuneesta kiintoaineksesta. Hoitamattomana rakenteen kasvillisuus voi yksipuolistua muutaman aggressiivisen kasvilajikkeen vallatessa elintilaa. Epämieluisa kasvillisuus

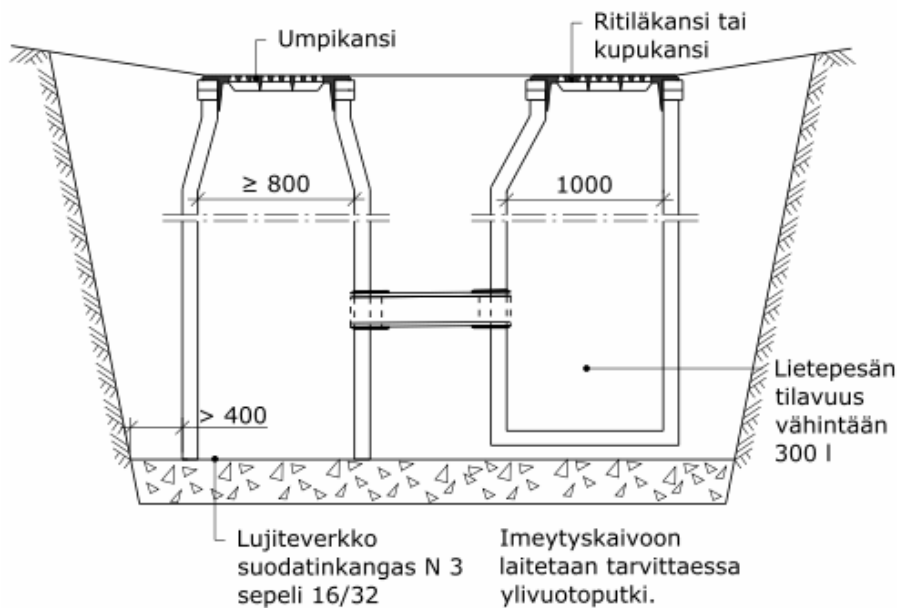
voidaan torjua niittämällä se ennen kukintakauden alkua, niittojäte on kerättävä pois rakenteesta. Kosteikoille laadittavissa hoito-ohjeissa on hyvä määrittää kunnossapidon haluttu taso; puusto ja pensaikko voidaan pitää kurissa säännöllisin raivauksin tai sen voidaan antaa levitä luonnonmukaisesti. (Suomen Kuntaliitto 2012, 232.)

5.5 Imeyttävä rakenne

Imeyttävä rakenne puhdistaa hulevedet suodattamalla ne pohjavesiksi maakerroksen tai muun rakenteen läpi. Etenkin maaperän soveltuvuus imeyttävää rakennetta varten on selvitettävä pohjatutkimuksin. Pohjavedeksi imeytettäessä tulee huomioida hulevesien laatu; pohjavesiksi ei tulisi imeyttää hulevesiä, jotka aiheuttavat pohjavesien pilaantumisriskin. Menetelmää ei tulisi käyttää vilkasliikenteisillä teillä, missä talviaikainen kunnossapito vaatii liukkaudentorjuntaa suolalla. Tiesuolana käytetty vesiliukoinen natriumkloridi ei pidäty maaperään vaan suotautuu pohjavesiin. Imeyttäviksi rakenteiksi voidaan lukea myös läpäisevät päällysteet, joita ei ole käsitelty tässä kappaleessa tarkemmin. Läpäisevät päällysteet eivät sovellu vilkasliikenteisille teille huonon kulutuskestävyytensä vuoksi.

5.5.1 Imeytyskaivanto

Imeytyskaivannot voidaan jakaa maanalaisiin ja avopintaisiin kaivantoihin. Avopintaisiin kaivantoihin hulevedet johdetaan pintavaluntana ja maanalaisiin kaivantoihin hulevesiviemärillä tai salaojalla. Perusperiaatteena molemmilla tyypeillä on huleveden varastoiminen karkealla kiviaineksella täytettyyn kaivantoon, josta hulevedet hiljalleen imeytyvät maaperään. Kiviainekselle on kehitetty korvaavia teollisia tuotteita, kuten muovikennoja. Ennen kaivantoon johtamista hulevesistä tulisi poistaa rakenteen tukkiva kiintoaines esikäsittelyllä. Esikäsittely voidaan tehdä esimerkiksi viivyttämällä tai suodattamalla. Lisäksi rakenne tulee erottaa ympäröivästä maasta suodatinkankaalla. Tarvittaessa rakenne voidaan salaojittaa ja avoimiin kaivantoihin tulee rakentaa ylivuotoreitti. Vedenpinnan tasoa voidaan tarkkailla rakenteeseen asennettavan tarkastusputken kautta. Yksinkertaisimmillaan imeytyskaivanto on pohjaton rengaskaivo niin sanottu imeytyskaivo, jonka alapuolelle rakennetaan 0,5 metrin paksuinen vettäläpäisevä täyttö. Kuvassa 13 on esitetty periaateratkaisu imeytyskaivosta. (Suomen Kuntaliitto 2012, 146–150.)



KUVA 13. Esimerkki imeytyskaivosta (InfraRYL 2012/1, 3100.3.2.7, © Rakennustietosäätiö RTS 2013.)

Imeyttävää rakennetta ei voida mitoittaa suurille vesimäärille. Maan vedenläpäisykyky on rajallinen eikä kaikkia hulevesiä ole mahdollista taikka tarpeenmukaista imeyttää. Imeyttävää rakennetta ennen voidaan sijoittaa viivyttävä rakenne, jolloin imeyttävään rakenteeseen voidaan johtaa suurempia hulevesimääriä pidemmällä aikavälillä. Rakenteeseen johdettava hulevesimäärä mitoitetaan mahtumaan joko rakenteen huokostilaan tai maanpäälliseen viivytystilaan. Mitoituksen ylittyessä hulevedet johdetaan pois purkuputken kautta tai salaojilla. Hulevesien esikäsittelyrakenteet mitoitetaan siten, että vesitilavuus on 25 % mitoitusvesimäärästä. Imeytyskaivanto vaatii tilaa 2–10 % läpäisemättömien pintojen alasta. (Suomen Kuntaliitto 2012, 155–156.)

Talvisin imeytyminen saattaa estyä tai ainakin vähentyä maanpinnan jäätymisen ja routaantumisen vuoksi. Tärkeää on riittävän karkean materiaalin käyttö rakenteessa, mikä mahdollistaa sen tyhjentymisen vedestä nopeasti. Jotta rakenne toimisi keväällä mahdollisimman tehokkaasti, tulee rakenne puhdistaa lumesta ennen kevättulvia. Tulvareittien toimivuus on myös varmistettava. Muita kunnossapitotoimenpiteitä ovat muun muassa rakenteen puhtaana pitäminen roskista ja kiintoaineksesta, suodattavan pintakerroksen läpäisevyyden ylläpito, kaivojen lietepesien tyhjentäminen, salaojien huolto ja kasvillisuuden hoitotoimenpiteet. (Suomen Kuntaliitto 2012, 156, 249.)

5.5.2 Imeytyspainanne

Imeytyspainanteet ovat painanteita, joihin hulevedet kertyvät yläpuolisesta ympäristöstä. Painanteessa hulevedet voivat lammikoitua ja imeytyä maaperään. Imeytyspainanne on hyvä sijoittaa alueelle, missä maaperällä on hyvät vedenläpäisevyysominaisuudet jo luonnostaan. Mikäli vedenjohtavuus on heikko voidaan rakenteeseen asentaa salaojat. Imeytyspainanne soveltuu vain pienien alueiden hulevesien käsittelyyn. Suuremmilla valuma-alueilla se voidaan liittää viivyttävään rakenteeseen, jolloin se pystyy käsittelemään suurempia vesimääriä. Yksinkertaisimmillaan imeytyspainanne ei vaadi muita rakennustoimenpiteitä kuin maanpinnan muotoilun ja kasvillisuuden asentamisen. Kasvillisuudella on merkittävä osuus imeytyspainanteiden toiminnassa. Massanvaihdoilla voidaan parantaa imeytyvyyttä, jos maaperällä on heikko vedenläpäisykyky. Tarvittaessa rakenteeseen tulee asentaa suodatinkangas. Hyvin huonolaatuiset hulevedet voidaan eristää ympäröivästä maasta kalvolla, jolloin rakenne toimii vain suodattimena. (Suomen Kuntaliitto 2012, 151.)

Lammikoitumisen vuoksi imeytyspainanteella on myös hulevesiä varastoiva ja viivyttävä ominaisuus. Imeytyspainannetta ei ole kuitenkaan tarkoitettu toimimaan kuten hulevesiallas. Painanne tulisi mitoittaa siten, että rakenteen tyhjentyminen tapahtuisi vähintään 24 tunnin kuluessa täytymisestä. Viivytystilavuutta voidaan säätää purkureitin sijoittamisella. Rakenteen pintakerros muodostuu 5 senttimetrin kerroksesta kariketta tai multaa ja 0,5–1 metriä paksusta suodatuskerroksesta, joka on sekoitemaata. Sekoitemaan tulee olla vettä sopivasti läpäisevä ja bioaktiivinen, jotta sillä olisi epäpuhtauksia pidättävä vaikutus. Imeytyspainanteen imeytyskerroksen mitoittamisessa käytetään samoja periaatteita kuin imeytyskaivannonkin mitoittamisessa. Imeytyspainanteen kokoon vaikuttaa suunnittelukohde ja rakenteelle asetetut tavoitteet; pyritäänkö rakenteella laadullisen hallinnan lisäksi myös määrälliseen hallintaan. (Suomen Kuntaliitto 2012, 151–156.)

Imeytyspainanteiden kasvu- ja suodatuskerros on herkkä jäätymiselle. Vaikka imeytymistä ei tapahtuisi, toimii painanne kuitenkin viivyttävänä rakenteena. Keväisin rakenne tulee puhdistaa lumesta ja jäätystä, mikä edistää suodatuskerroksen sulamista. Imeytyspainanteen kunnossapitotoimenpiteet kohdistuvat erityisesti kasvillisuuden hoitamiseen. Kasvillisuuden hoidon lisäksi suodattavankerroksen, salaojien, kaivojen sekä purku- ja ylivuotoreittien toimivuus tulee varmistaa säännöllisellä kunnossapidolla. (Suomen Kuntaliitto 2012, 156, 261.)

5.6 Suodattava rakenne

Suodattavan rakenteen tarkoituksena on johtaa hulevesiä jonkin väliaineen läpi, johon epäpuhtaudet pidätyvät. Hulevesiä voidaan puhdistaa suodattamalla myös pohjavesialueilla, sillä rakenne ei imeytä hulevesiä maaperään. Suodattamista voidaan käyttää myös jonkun toisen rakenteen yhteydessä, yksinkertaisimmillaan imeytyspainanteeseen liitettävä viherkaista voidaan lukea suodattavaksi rakenteeksi. Myös öljynerotusta voidaan käsitellä osana suodatusta vaikka se toimintatavaltaan eroaa-kin perinteisestä suodatusratkaisusta. (Suomen Kuntaliitto 2012, 183–184.)

5.6.1 Hiekkasuodatin

Rakenteellinen hiekkasuodatin muistuttaa talous- ja jätevesien puhdistamisessa käytettävää pienpuhdistamo. Suodatinrakenne voidaan valmistaa betonista tai se voidaan myös toteuttaa viherpainanteena, jolloin rakenne tulee erottaa pohjamaasta vedenpitävällä eristeellä. Hulevedet voidaan johtaa hiekkasuodattimeen joko pinta-valuntana tai hulevesiverkoston kautta. Hulevedet johdetaan ensin tulokammioon, jossa virtaama tasaantuu ja laskeuttaa suurimman osan kiintoaineesta. Tulokammiossa on pysyvä vesipinta. Laskeuttamisen jälkeen hulevedet ohjataan suodattimelle. Suodattimena toimii hiekkakerros, jonka alapuolelle on asennettu salaojakerros. Mitoituksen ylittyessä hulevedet virtaavat ylivuotoputken kautta pois rakenteesta. Hiekkasuodatin voi käsitellä vain pieniä hulevesimääriä kerrallaan. Suositeltu valuma-alueen koko on enintään kaksi hehtaaria. Suuret virtaamat tulisi ohjata rakenteen ohi, jottei rakenne tukkeutuisi. Rakenne tulee mitoittaa siten, että se tyhjentyy 48 tunnin kuluessa täyttymisestään. Esikäsittelyyn käytettävään altaaseen tulisi mahtua kerralla noin puolet mitoitusvesimäärästä ja sen tulisi olla vähintään metrin syvyinen. (Suomen Kuntaliitto 2012, 183–186.)

Suodattaminen sopii talviolosuhteisiin paremmin kuin imeyttäminen, sillä rakenteen kuivana pysyminen on varmistettu salaojin. Kunnossapidon yhteydessä erityisesti ylivuotoputkien ja salaojituserroksen toimivuutta tulee tarkkailla ja ylläpitää. Rakenteen tukkiva kiintoaines tulee poistaa säännöllisesti ja tarvittaessa suodatinkerros uusia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 266.)

5.6.2 Öljynerotin

Öljynerottimet ovat yleensä tehdasvalmisteisia ja hulevesiviemäriin kytkettäviä säiliömäisiä rakenteita, joiden läpi hulevedet johdetaan. Öljy erotetaan hulevedestä koalisattoreiden avulla, jolloin öljy nousee säilössä olevan veden pinnalle. Öljynerottelun tarve määräytyy hankekohtaisesti. Hulevesistä voidaan käsitellä kaikki tai vain osa. Öljynerottimeen liitettävän ohivirtausjärjestelmän avulla voidaan käsitellään 95 % hulevesien epäpuhtauksista. Ohivirtausjärjestelmän toimivuutta perustellaan *first flush* -ilmiöllä, jonka mukaan suurin osa epäpuhtauksista huuhtoutuu sadetapahtuman alkuvaiheessa ennen virtaamahuippua. Öljynerottimen lisäksi rakenteeseen kuuluu hiekanerotin ja näytteenottoaivo. Öljynerottimet nimetään nimelliskokonsa mukaisesti. Nimelliskoko kuvaa lisäksi järjestelmän maksimivirtaamaa. Öljynerottimet on lisäksi jaoteltu puhdistustehonsa mukaan kahteen luokkaan. Puhdistustehoa kuvaa järjestelmästä lähtevän huleveden öljypitoisuus. (Suomen Kuntaliitto 2012, 187–188.)

Öljynerottimia kunnossapidetään tyhjentämällä öljysäiliö vähintään puolen vuoden välein. Tyhjennys voidaan suorittaa imuautolla ja öljyt toimittaa ongelmajätelaitokselle. Öljynpoiston jälkeen hälytysanturit on puhdistettava ja niiden toimivuus varmistettava. Öljynpoiston sekä venttiilien toimivuus ja sulana pysyvyys on varmistettava. (Suomen Kuntaliitto 2012, 226.)

5.7 Eroosiosuojaus

Hulevesien hallinnan suhteen merkittävimmät eroosion aiheuttajat ovat pintavesien valunta ja virtaama. Lisäksi eroosiota voi aiheuttaa muun muassa pohjavesi, aallot, jää sekä tuuli. Mikäli virtausnopeutta ei voida hidastaa hulevesien hallintarakenteilla tai muotoilemalla uomaa on eroosio estettävä eroosiosuojauksin. Eroosiosuojauksia voidaan myös liittää hulevesien hallintarakenteisiin, mikäli virtaamat ovat suuria. Kasvillisuudella on suuri merkitys eroosion estäjänä. Kasvillisuuden juurtumisen nopeuttamiseksi ja varmistamiseksi on kehitelty erilaisia mekaanisia ratkaisuja sekä menetelmiä. Eroosiosuojauksen merkitys kasvaa etenkin rakentamisen aikana ja muutamia vuosia sen jälkeen kiintoaineskuormituksen ollessa suurimmillaan.

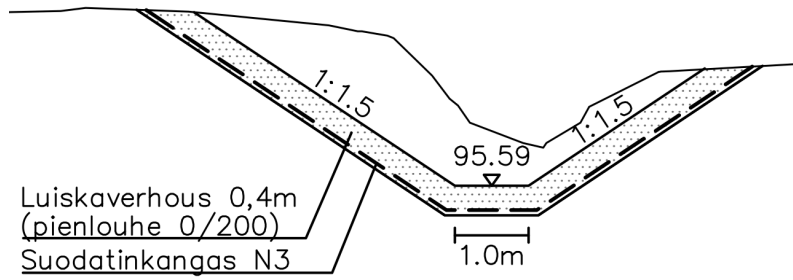
5.7.1 Pintavesieroosion hallinta

Pintavesieroosiota tapahtuu, kun pintavalunnan virtausnopeus kasvaa niin suureksi, että maalajille kriittinen nopeus ylittyy. Pintavalunta vie mukanaan tyypillisesti kiintoainesta luiskista ja voi aiheuttaa pahimmissa tapauksessa luiskan sortuman. Eroosiosuojauksen tarpeellisuus riippuu paikallisista olosuhteista ja rakenteelle asetetuista vaatimuksista. Pintavesieroosiota voidaan hillitä kasvillisuudella. Kasvillisuus sitoo pintakerroksia juurillaan, hidastaa virtaamia ja lisäksi varastoi osan vedestä itseensä. Kasvillisuuden juurtuminen voidaan varmistaa käyttämällä kennostoja, eroosiosuojaverkkoja tai -mattoja. Tuotteilla on useita valmistajia, joten tuotteiden valmistusmateriaalit ja kiinnitystavat vaihtelevat. Niskaojia rakentamalla voidaan estää tiealuetta ympäröivän maaston pintavesien valunta luiskaan. Niskaojia on käsitelty kappaleessa 5.2.2. Luiskien loivuus vähentää eroosiota, tarvittaessa luiskien pintakerros voidaan verhoilla soralla tai murskeella. Sora- tai murskeverhous vähentää pintavesieroosion lisäksi pohjavesieroosiota. Rakenne soveltuu parhaiten siltti-, silttimoreeni tai hiekkaluisiin. Kiviaineksesta rakennettu verhous on hyvä rakentaa siten, että se paksunee ylhäältä alaspäin. Rakenne voidaan ulottaa ojan pohjaan asti tai tierakenteen alle. Suodatinkankaan asentaminen verhouksen ja pohjamaan väliin estää kiviaineksen ja pohjamaan sekoittumisen sekä lisää luiskan pysyvyyttä. Rakenteen paksuus määritetään luiskan korkeuden ja mitoituspakkasmäärän perusteella. Kiviverhous voidaan verhoilla vielä kasvillisuudella, jolloin rakenteen tehokkuus ja ulkonäkö paranee. (Liikennevirasto 2010, 77–82.)

5.7.2 Virtauseroosion hallinta

Virtaava vesi aiheuttaa eroosiota penkereissä, luiskissa ja luonnonrinteissä jokiuomien sekä purojen läheisyydessä. Eroosiosuojaus on hyvä tehdä virtausnopeuden ylittäessä 0,7 metriä sekunnissa ja se olisi hyvä ulottaa vähintään ali- ja yliveden väliselle alueelle, mielellään laajemmallekin. Kiviaineksesta rakennettu verhous koostuu suodatinkerroksesta tai -kankaasta ja karkeasta sora- tai murskekerroksesta. Virtausnopeuksien kasvaessa voidaan vielä pintaan lisätä louhekerros. Rakenne on esitetty kuviossa 14. Monikerroksinen eroosiosuojarakenne estää sekä pinta- että virtauseroosiota. Verhouksessa käytettävän kiviaineen rakeisuus voidaan laskea mitoitusvedennopeuden ja Chezyn kertoimen avulla. Chezyn kerroin kuvaa eroosiosuojauksen sijaintia uoman pohjaan nähden. Rakenteen kokonaispaksuuden tulee vähintään olla 400 mm. Mikäli suodatinkerros korvataan kankaalla, se ei saa ohentaa rakenteen paksuutta. Virtauseroosiota voidaan vähentää lisäksi muotoilemalla rantoja ja istuttamalla niille kasvillisuutta. Etenkin puustolla ja pensaikolla voi-

daan hidastaa virtausnopeuksia ja parantaa rantojen pysyvyyttä. (Liikennevirasto 2010, 86–89; Jormola ym. 2003, 25.)



KUVA 14. Laskuojiin rakennettava pienlouheverhous vähentää virtauseroosiota. (Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT8-1.)

6 HULEVESIEN HALLINTA UUDISTETUSSA OHJEISTUKSESSA

Kirjallisuustutkimuksen aikana havaittiin tarve ohjeistuksen päivitykseen. Liikennevirasto päivitti maaliskuussa 2013 ohjeistuksiaan julkaisemalla ”Teiden ja rautateiden suunnittelu” -ohjeen. Uusi ohjeistus korvaa 1.4.2013 vuonna 1993 julkaistun ”Teiden suunnittelu IV, Tien rakenne 4, Kuivatus. TIEL 2140005” -ohjeen. Teiden kuivatusta koskevan suunnitteluohjeen päivittäminen on askel kohti parempaa hulevesien hallintaa. Opinnäytetyön kirjallisuustutkimus, raportin teoriaosuus sekä viitehankkeen tarkastelu tehtiin ennen uuden ohjeen julkaisemista. Tässä osiossa tarkastellaan, kuinka teoriaosuudessa esille nostetut asiat on huomioitu uudistetussa ohjeistuksessa.

6.1 Hulevesien hallinta tiehankkeessa

Kirjallisuustutkimuksen pohjalta laaditussa teoriaosuudessa on korostettu sidosryhmäyhteistyön merkitystä tiehankkeessa, esitelty suunnittelua ohjaavaa lainsäädäntöä ja voimassa olevaa ohjeistusta, selvennetty hulevesien hallitsemattoman johtamisen aiheuttamia vaikutuksia ympäristöön, ilmastu hulevesien hallintatarpeen määrittelyn merkitys sekä esitelty ennakkointiin perustuva toimintatapa, jonka pohjalta hulevesien hallinta tulisi tehdä. Teiden kuivatusta koskeva ohjeistus on laadittu pääosin suunnittelua varten eikä siinä ole tarvetta ottaa kantaa kaikkiin teoriaosuudessa käsiteltyihin asioihin samalla tarkkuudella kuin opinnäytetyön raportissa on otettu.

Tulvariskien arvioimista ja hallintaa koskevan lakiuudistuksen myötä sidosryhmäyhteistyötä on tehty. Yhteistyön tuloksena hulevesien hallintaa ja teiden kuivatusta koskevaa ohjeistusta on päivitetty. Sidosryhmäyhteistyötä on hyvä edelleen jatkaa ja tarvittaessa ohjeistusta tarkentaa. Etenkin yhteistyön tehostamisesta vesienhoidosta vastaavan tahon, maanomistajien ja tien- tai kadunpitäjien välillä voisi seurata taloudellista hyötyä eri osapuolille. Uudessa ohjeistuksessa ei ole erityisesti korostettu sidosryhmäyhteistyöstä seuraavaa hyötyä, mutta siinä on muun muassa mainittu, että taajamien tulvatarkastelun yhteydessä väylänpitäjän tulisi olla yhteydessä kaavoittajaan.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa ja uudessa ohjeistuksessa on molemmissa esitelty olennaisimpia suunnittelua ohjaavia lakeja. Molemmissa julkaisuissa hulevesien hallintaa koskevista laeista on huomioitu pääosin samat lait: vesilaki, maantielaki, laki tulvariskien hallinnasta sekä ympäristölaki. Lisäksi opinnäytetyön teoriaosuudessa on

mainittu myös maankäyttö- ja rakennuslaki, luonnonsuojelulaki sekä laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä.

Teoriaosuudessa hulevesien hallintatarpeen määrittäminen ja hulevesien käsittelytarpeen arviointi on käsitelty erillisinä kokonaisuuksina. Teoriaosuudessa on esitetty, missä vaiheessa arvioinnit tulisi tehdä ja mitä lähtötietoja arviointien tekovaiheessa voidaan hyödyntää. Uudessa ohjeistuksessa on myös huomioitu hulevesien hallintatarpeen määrittäminen, mutta melko suurpiirteisesti. Esimerkiksi suodatustarve tulee ohjeen mukaan määritetään tien liikennemäärän sekä vastaanottavien vesistöjen herkkyyden perusteella; mikäli KVL on yli 15 000 ajon/vrk ja hulevedet johdetaan herkkään vesistöön, suodattava rakenne tulee toteuttaa. Myös opinnäytetyön teoriaosuudessa on esitetty samat ehdot. Opinnäytetyön teoriaosuudessa hulevesien hallintatarpeen määrittäminen on lähestytty hyödyntämällä laskennallista menetelmää. Laskelmien pohjalta ainehuuhtoumien ja pintavalunnan muutoksia voidaan tarkastella erilaisissa tilanteissa. Menetelmää voisi käyttää ainakin vaihtoehtoisena tai täydentävänä menetelmänä hulevesien hallintatarpeen määrittämisessä kokemusperäisen menetelmän rinnalla. Ohjeistusta olisi vielä hyvä tarkentaa hulevesien hallinta- ja käsittelytarpeen määrittämisen osalta.

Kirjallisuustutkimuksen yhteydessä on tutkittu hulevesien vaikutuksia ympäristöön. Jotta hulevesien hallintatarpeen ymmärtää, on tärkeää tiedostaa hulevesien hallitsemattomasta johtamista seuraavat mahdolliset ympäristövaikutukset. Suunnitteluohjeissa ei ole käsitelty ympäristövaikutuksia kovin laajasti eikä se ole edes tarkoituksenmukaista. Uudessa ohjeistuksessa ei ole myöskään erikseen korostettu ennaltaehkäisyn merkitystä. Joka tapauksessa hulevesien hallinnan sisällyttäminen uuteen ohjeistukseen ja hulevesien hallintarakenteiden toteuttaminen voidaan laskea osaksi ongelmien ennaltaehkäisyä. Tärkeää on pintavalunnan ja ainehuuhtoumien minimointi.

6.2 Määrällinen ja laadullinen hallinta

Kirjallisuustutkimuksen pohjalta laaditussa teoriaosuudessa hulevesien hallinta on eroteltu ympäristöön kohdistuvien vaikutuksien ja hallinnan keinojen pohjalta määrälliseen ja laadulliseen hallintaan. Uudessa ohjeistuksessa hulevesien hallintaa on käsitelty yhtenä kokonaisuutena, vaikka molemmissa julkaisuissa selkeästi on korostettu samojen asioiden tärkeyttä ja esitelty samoja hulevesien hallintamenetelmiä.

Määrällistä hallintaa käsittelevässä osiossa on nostettu esille ilmastonmuutoksen vaikutukset hulevesien määrään, tulvareittien suunnittelun merkitys, mallintamisen sovellettavuus suunnittelutyöhön sekä esitelty määrällisen hallinnan menetelmiä. Myös uudessa ohjeistuksessa on huomioitu samat teemat, lukuun ottamatta mallintamista. Mallintamisen käyttöönotto voisi tehostaa suunnittelutyötä, joten sen soveltamista suunnittelutyöhön olisi hyvä kehittää, etenkin tulvatarkastelun yhteydessä. Laadullista hallintaa koskevassa osiossa on käsitelty hulevesissä esiintyviä haitta-aineita, niiden lähteitä sekä vaikutuksia pinta- ja pohjavesiin. Uudistetussa ohjeistuksessa on lueteltu hulevesissä yleisesti esiintyvät haitta-aineet ja todettu niiden pohjavesiä pilaava ja vesistöjä hetkellisesti samentava vaikutus. Oheistuksen mukaan hulevedet tulee käsitellä siten, etteivät ne pilaa pinta- eikä pohjavesiä. Ohjeessa on korostettu vastaanottavan vesistön tilan ja herkkyyden selvittämistä sekä vesistön merkitystä kalatalouden kannalta. Teoriaosuudessa vesistövaikutuksia on käsitelty tarkkuudella, jota vaaditaan hulevesien hallinnan merkityksen ymmärtämiseksi. Asioita ei ole käsitelty samalla tarkkuudella suunnitteluohjeessa, eikä se ole tarkoituksenmukaistakaan.

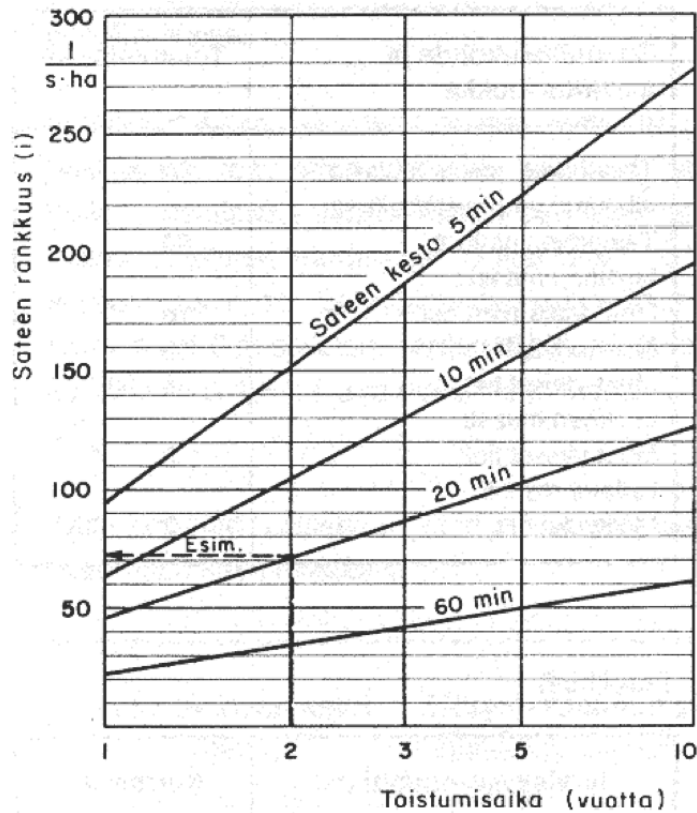
Opinnäytetyön teoriaosuudessa on mainittu, että mitoitusparametreja tulisi päivittää vastaamaan tilannetta, jossa huomioidaan ilmastonmuutoksen aiheuttama sadannan kasvu sekä sadannan intensiteetin voimistuminen. Uudessa ohjeistuksessa mitoitusvirtaamien laskemiseen laadittua ohjeistusta on selkeytetty ja mitoittavan vesimäärän toistuvuuden valintaa ohjaavat taulukot on uusittu. Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty vuonna 1993 ja vuonna 2013 julkaistujen ohjeiden mukaiset mitoitusvirtaamien sallitut toistuvuudet, kun mitoitusperusteena käytetään rankkasadetta. Taulukkoja vertaillen ilmenee, että uuden ohjeistuksen myötä jatkossa tullaan käyttämään yhä harvemmin toistuvia sadetapahtumia. Myös lumen sulamisen perusteella mitoitetessa käytetään yhä harvemmin toistuvia ylivalumia. Nomogrammiin, jonka pohjalta rankkasateen aiheuttama virtaama määritetään, on tehty muutoksia. Nomogrammia on päivitetty siten, että sen avulla voidaan määrittää entistä harvemmin toistuvat sadetapahtumat ja entistä lyhytkestoisempien sateiden aiheuttamat mitoitusvirtaamat. Lisäksi ilmastonmuutoksen aiheuttaman sateen rankkuuden voimistuminen on huomioitu nomogrammissa. Erot ovat havaittavissa vertailtaessa kuvioita 3 ja 4 keskenään. Kirjallisuustutkimuksen pohjalta on todettu, etteivät kevätylivalumat tule juurikaan muuttamaan nykyiseen tilanteeseen nähden. Kevätylivaluman määrittämiseen tarkoitettua nomogrammia on päivitetty esitystavaltaan, mutta sen sisältö ja kevätylivalumat ovat pysyneet ennallaan. Laskukaavat ja muut mitoitusparametrit, kuten valunta-, järvisyys-, peltoisuus- ja metsäojituskertoimet ovat säilyneet korvatus ohjeen mukaisina eikä niiden muuttamiselle ole todettu tarvetta teoriaosuudessa.

TAULUKKO 2. Mitoitusvirtaaman toistuvuus käytettäessä mitoitusperusteena rankkasadetta. Ohje on laadittu vuonna 1993. (Tielaitos 1993, 13.)

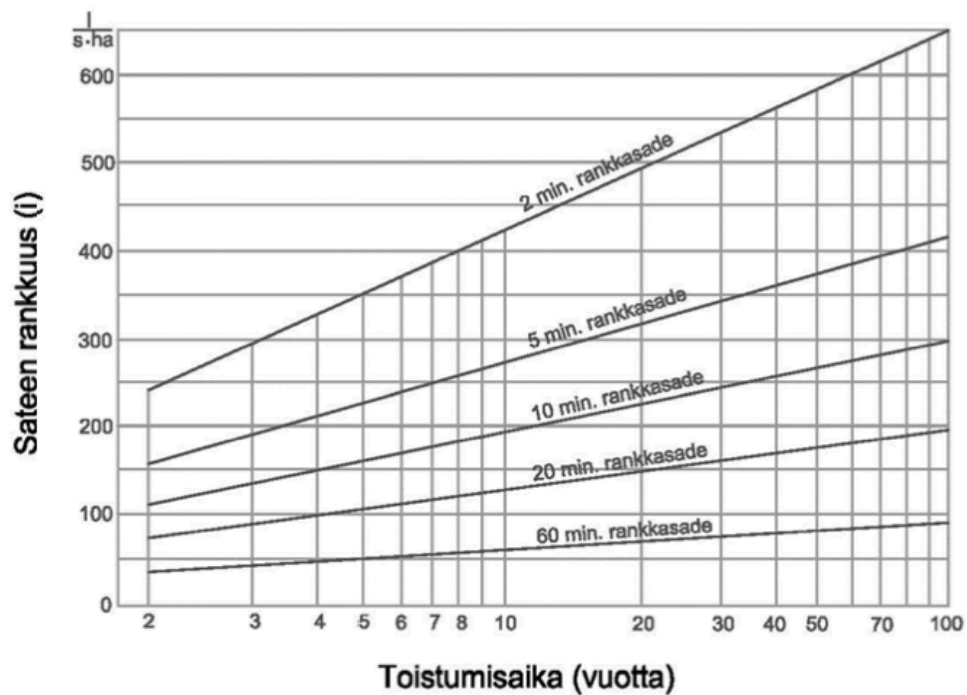
Suunnittelukohde	Toistumisaika
Tienkohdat, joissa tulvasta aiheutuu ympäristöhaittoja	10 vuotta
Taajamien pääties tai - kadut (viemäröinti)	10 "
Taajamien sivuties tai - kadut (viemäröinti)	5 "
Moottoriväylät	5 "
Muut yleiset tiet, tulvasta välitöntä haittaa (esim. alikulkukäytävät, risteyssillat)	2...5 "
Muut yleiset tiet, tulvasta ei välitöntä haittaa	1 "
Yksityiset tiet	1 "

TAULUKKO 3. Mitoitusvirtaaman toistuvuus käytettäessä mitoitusperusteena rankkasadetta. Ohje on laadittu vuonna 2013. (Liikennevirasto 2013, 31.)

Ylittävä väylä	HQ:n toistumisen tiheys	
	Tavoitearvo	Minimiarvo
Rautatie, moottoritie	1/100	1/100
Valta- tai kantatie, ei varareittiä	1/100	1/10
Valta- tai kantatie, jolla on tulvariskitön varareitti	1/20	1/5
Seututie	1/10	1/5
Yhdystie	1/5	1/2
Yksityistiet	1/2	1/1



KUVIO 3. Nomogrammi mitoitusvirtaaman määrittämiseen käytettäessä mitoitusperusteena rankkasadetta. Nomogrammi on laadittu vuonna 1993. (Tielaitos 1993, 13.)



KUVIO 4. Nomogrammi mitoitusvirtaaman määrittämiseen käytettäessä mitoitusperusteena rankkasadetta. Nomogrammi on laadittu vuonna 2013. (Liikennevirasto 2013, 30.)

Tulvariskien hallinta ja tulvareittien suunnittelu on huomioitu uudessa ohjeistuksessa. Uusi ohjeistus velvoittaa suunnittelijaa laatimaan hulevesiä koskevan tulvareittitarkastelun ja suunnittelemaan tarvittavat tulvareitit alueellisen kuivatussuunnitelman laatimisen yhteydessä. Mitoitettaessa tulee käyttää 100 tai 200 vuoden välein tapahtuvia tulvimistilanteita. Ohjeessa on korostettu yhteistyön merkitystä suunnittelijan, kaavoittajien ja ELY:n kesken. Lisäksi ohjeistuksessa on todettu vesistö- ja merivesitulvien aiheuttavan suurimmat riskit väyläverkostolle. Tulvatarkastelun yhteydessä kaikkien eri tulvimistyyppien ja sortumatyyppien riskit tulee kartoittaa ja rekistroidä.

Sekä teoriaosuudessa että uudessa ohjeistuksessa on huomioitu natriumkloridilla suoritettavan liukkaudentorjunnan pohjavesiä pilaava vaikutus ja rakentamisesta seuraavan kiintoaineshuuhtouman lisääntyminen. Molemmissa on todettu, että imeyttäminen ei sovellu alueille missä liukkaudentorjuntaan käytetään säännöllisesti natriumkloridia. Lisäksi molemmissa on mainittu, ettei kaliumformiaatilla ole samankaltaisia pohjavesiä pilaavia vaikutuksia kuin natriumkloridilla. Uuden ohjeistuksen mukaan hulevedet voidaan imeyttää, mikäli liukkaudentorjunta suoritetaan kaliumformiaatilla ja alueella riski säiliöauto-onnettomuuksille on pieni. Ohjeen mukaan hulevedet tulisi imeyttää pohjavesialueilla, mikäli pohjavesienpilaantumisriskiä ei ole. Hulevedet tulee imeyttää suodattamalla ja tarvittaessa viivyttää ennen imeytysrakenteeseen johtamista. Uudessa ohjeistuksessa on myös käsitelty rakentamisen vaikutusta suunnitteluun, kuten opinnäytetyön teoriaosuudessa. Opinnäytetyön teoriaosuudessa on korostettu rakentamisen aikaisten ympäristövaikutusten olevan merkittäviä ja niiden minimoimiseksi on esitetty toimenpiteitä. Yleisesti rakentamisen aikaista määrällistä sekä laadullista hulevesien hallintaa koskevaa ohjeistusta olisi edelleen hyvä päivittää ja rakentamista valvoa nykyistä tehokkaammin.

Määrällisien ja laadullisten hallintamenetelmien suhteen teoriaosuudessa ja uudessa ohjeistuksessa esitetyt hallintamenetelmät ovat pääpiirteittäin samoja. Hulevesien hallinnassa voidaan hyödyntää viivyttämistä, imeyttämistä sekä suodattamista. Lisäksi kasvillisuuden merkitys hulevesiä hallitsevana tekijänä on huomioitu sekä teoriaosuudessa että uudessa ohjeistuksessa.

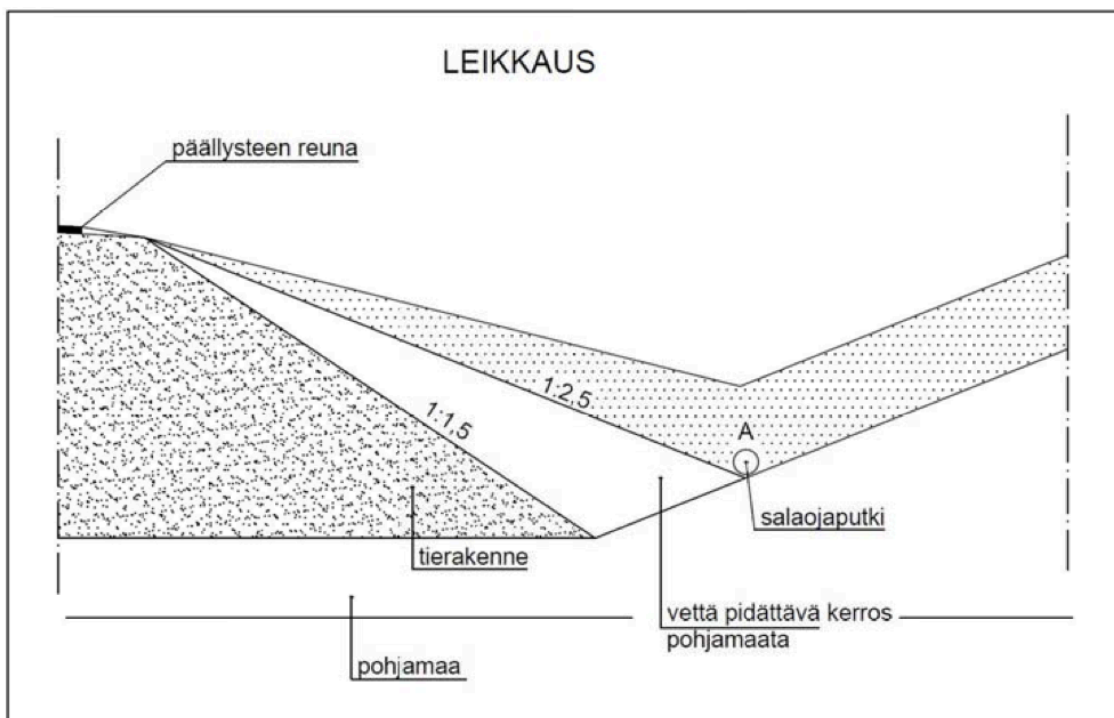
6.3 Hulevesien hallintarakenteet

Kirjallisuustutkimuksen pohjalta teoriaosuuden yhteydessä on esitelty muutamia tieympäristöön soveltuvia hulevesien hallintajärjestelmiä ja -rakenteita sekä käsitelty rakenteen valintaan vaikuttavia tekijöitä yleisellä tasolla. Rakenteita käsittelevä osuus ei ole suunnittelu- eikä mitoitusohje vaan sen tarkoitus on kuvata erilaisia keinoja hulevesien hallitsemiseksi. Liikenneviraston julkaisemassa uudessa ohjeistuksessa hulevesien hallinnan suunnittelu ja mitoittaminen on esitetty hyvin tiivistetyssä muodossa. Ohjeessa on mainittu, että kokonaisvaltaista suunnittelua käsitellään tarkemmin Kuntaliiton julkaisemassa Hulevesioppaassa.

Opinnäytetyön ja uuden ohjeistuksen mukaan ensimmäinen askel suunnitteluun on hallintatarpeen määrittäminen. Uusi ohjeistus eroaa opinnäytetyön teoriaosuudessa esitetystä käytännöstä sillä, että tarve on ohjeistettu määrittämään kokemusperäisesti. Opinnäytetyössä on lähestytty tarpeen määrittämistä laskennallisin keinoin ja vertailun pohjalta. Menetelmiä voisi käyttää rinnakkain. Jotta laadullisen hallinnan tarve voitaisiin määrittää laskennallisin keinoin, tulisi erilaisten maastotyyppien ainehuuhtoumia todennäköisesti tutkia nykyistä tarkemmin myös taajamien ulkopuolella. Teoriaosuudessa on esitetty, että suunnittelussa tulisi soveltaa *treatment train* -lähestymistapaa, jonka mukaan hulevesien määrällisiä ja laadullisia haittavaikutuksia aiheuttavat lähteet minimoidaan ensisijaisesti ennakoimalla. Menetelmän mukaan toteutettavat paikalliset sekä alueelliset hulevesien hallintarakenteet suunnitellaan määritetyn tarpeen, vastaanottavan vesistön, sovellettavan menetelmän sekä rakenteen ominaisuuksien perusteella. Lähestymistapaa on sovellettu uudessa ohjeistuksessa.

Hulevesien hallintajärjestelmien osalta teoriaosuudessa ja uudessa ohjeistuksessa on käsitelty molemmissa pinta- ja putkijärjestelmiä. Teoriaosuuden sisältö pintajärjestelmien osalta on rajattu vain yleisimpiin käytössä oleviin ja merkittävimpiin ratkaisuihin; sivuojat, niskaojat ja laskuojat. Uudessa ohjeistuksessa on niiden lisäksi käsitelty keskialue- ja välialueojia, erilaisia kouruja sekä kaksikerroksista avo-ojaa. Kaksikerroksisella ojalla voidaan imeyttää hulevesiä maaperään ja sillä voidaan korvata myös tavanomainen sivuojarakenne. Kaksikerroksinen oja on esitetty kuvassa 15. Kaksikerroksisen ojan sijoittamista tieympäristöön rajoittaa liukkaudentorjunta natriumkloridilla ja rakennekerroksien kuivatustarve. Rakenteella ei esimerkiksi voida korvata tarkasteltavan vt 5 Palokangas–Humalajoki -hankkeen moottoritien sivuoja säännöllisen liukkaudentorjunnan vuoksi. Edellä mainittujen syiden perusteella se on jätetty pois opinnäytetyön teoriaosuudesta. Erona uuteen ohjeeseen, teoriaosuus-

nessa on korostettu uoman vaaka- ja pystygeometrialia, putousportailla ja uoman muotoilulla saavutettavia etuja virtaamien ja eroosion hillitsijänä. Eroosiosuojauksen merkitystä ja rakenteisiin kohdistuvia kunnossapitotoimenpiteitä on käsitelty molemmissa julkaisuissa. Suunnitteluperusteet ovat pysyneet korvattuun ohjeeseen nähden pääosin samoina, lukuun ottamatta muutoksia mitoitusvirtaamien määrittämisessä. Uusia mitoitusvirtaamia tulee soveltaa rumpuja ja vesistösiltojen aukkoja suunniteltaessa. Lisäksi korvattuun ohjeeseen verrattaessa uudessa ohjeessa on päivitetty ohjeistusta, joka koskee liittymärummun sijoittamista sekä eläinten kulkumahdollisuuksien varmistamista.



KUVA 15. Kaksikerroksisen sivuojan sijainti leikkauksen yhteydessä (Liikennevirasto 2013, 19.)

Molemmissa julkaisuissa on käsitelty putkijärjestelmän osalta samoja rakenteita. Hulevesiviemärien, salaojen, kaivojen ja pumppaamojen mitoitusperusteet ovat pääosin pysyneet samoina, lukuun ottamatta mitoitusvirtaamia koskevaa ohjeistusta. Teoriaosuudessa on todettu ilmastonmuutoksen aiheuttavan routarajan nousua ja se on huomioitu uudessa ohjeessa. Etelä-Suomessa hulevesiviemäritä vaadittava asennussyvyys on entiseen ohjeeseen verrattuna pienempi. Uudessa ohjeistuksessa on lisäksi tarkennettu pumppaamojen suunnittelua koskevaa ohjeistusta; etenkin hankeasiakirjojen sisällön ja rakentamisvaiheessa huomioitavien yksityiskohtien osalta.

Vertailtavien julkaisujen välillä on erityisesti eroja hulevesiä käsittelevien rakenteiden osalta. Uudessa ohjeistuksessa rakenteita on käsitelty hyvin suppeasti ja todettu, että

kokonaisvaltaisessa suunnittelussa tulisi soveltaa Hulevesiopasta. Hulevesiopas on ollut päälähteenä opinnäytetyön kirjallisuustutkimuksessa. Aiemmin mainitun kaksi-kerroksisen ojan lisäksi uudessa ohjeessa on joko mainittu tai esitelty tarkemmin vain laskeuttava allas, kosteikko ja biosuodatusalue. Opinnäytetyössä on edellä mainittujen lisäksi esitelty lammikko, imeytyskaivanto, imeytyspainanne, hiekkasuodatin ja öljynerotin. Kirjallisuustutkimuksen pohjalta on arvioitu imeytyspainanteen olevan tieympäristöön biosuodatusaluetta sopivampi rakenneratkaisu, jonka vuoksi biosuodatusaluetta ei ole käsitelty teoriaosuudessa. Biosuodatusalue ja imeytyspainanne muistuttavat toisiaan hyvin paljon toimintaperiaatteeltaan. Biosuodatusalueen toteuttaminen vaatii suurempia kaivutöitä, monipuolisempaa kasvillisuutta ja enemmän hoitoa verrattuna luonnonmukaiseen imeytyspainanteeseen. Samankaltaisten perusteiden, erityisesti luonnonmukaisuutensa, vuoksi teoriaosuudessa on käsitelty lammikkoa ja kosteikkoa enemmän kuin rakennettua allasta. Paikallisten maaperäolosuhteiden ja topografian vuoksi altaan rakentaminen voi kuitenkin joissakin tapauksissa olla käytännöllisempää. Hulevesien hallintarakenteiden suunnittelua ja mitoittamista koskevaa ohjeistusta voisi tarkentaa edelleen. Hulevesiopas keskittyy pääosin taajamien hulevesien hallintaan, mikä vaikeuttaa sen soveltamista tiensuunnittelussa.

Eroosiosuojauksen merkitystä on korostettu sekä teoriaosuudessa että uudessa ohjeistuksessa. Molempien mukaan kasvillisuudella on suuri merkitys eroosion ehkäisemisessä. Opinnäytetyössä on käsitelty vain pintavesieroosiota ja virtauseroosiota, sillä ne ovat hulevesien hallinnan kannalta tarkasteltuna merkittävimmät ilmiöt. Uuden ohjeistuksen mukaan eroosiosuojaus tulisi suunnitella Liikenneviraston julkaisun ”Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu” mukaisesti. Samaa julkaisua on myös käytetty opinnäytetyön lähteenä. Uudessa ohjeessa eroosiosuojasta on käsitelty suuremmalla tarkkuudella kuin opinnäytetyön teoriaosuudessa.

6.4 Käytettyjen lähteiden tarkastelu

Uudessa ohjeistuksessa on päivitetty suurin osa kirjallisuustutkimuksen myötä ilmilleistä epäkohdista. Tuotosten sisältöjen samankaltaisuuteen vaikuttaa todennäköisesti käytetyt lähteet. Kun verrataan uudessa ohjeistuksessa käytettyjä lähteitä opinnäytetyön lähteisiin, voidaan niiden todeta olevan pääpiirteittäin samoja. Pieniä eroavaisuuksia lähteissä aiheuttaa se, että Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu -julkaisu ei opinnäytetyön tapaan keskity vain hulevesien hallintaan tai pintakuivatukseen vaan toimii ohjeena myös syväkuivatuksen ja rakenteiden kuivatuksen suunnittelua varten. Lisäksi uusi ohje käsittelee ratojen kuivatusta.

7 VIITEHANKKEEN TARKASTELU

Opinnäytetyössä tavoitteena oli tarkastella kirjallisuustutkimuksen pohjalta, kuinka hulevesien hallinta on toteutettu viitehankkeessa: ”Valtatie 5 osuuden Leppävirta–Kuopio kehittäminen välillä Palokangas–Humalajoki”. Valtatie 5 Helsingistä Sodankylään on valtakunnallisesti merkittävä pääväylä. Suunniteluosuus Palokangas–Humalajoki sijoittuu Leppävirran kunnan ja Kuopion kaupungin alueille. Tiesuunnitelmassa on osoitettu nykyisen valtatie 5:n länsipuolelle rakennettava uusi maastokäytävä, minne 18 km pituinen, moottoritieksi luokiteltu väylä tullaan linjaamaan. Hankeen yhteydessä rakennetaan lisäksi kolme eritasoliittymää, yksityisteitä, kevyenliikenteenväyliä, pysäköintialueita, meluesteitä sekä useita siltoja. Hanke tulee parantamaan liikenteen välityskykyä, turvallisuutta sekä tukemaan maankäytön kehittymistä. Ihmisten elinolot ja viihtyvyys tulevat pääosin lisääntymään moottoriliikenteen siirtyessä kauemmaksi asutuskeskittymistä. Uuden maastokäytävän rakentamisen on todettu peittävän alleen kasvillisuutta ja elinympäristöjä vaikuttaen alueen vesitalouden pysyvästi. Hankkeen toteuttamista koskevia päätöksiä ei ole vielä tehty. Hankkeen tilaajana on toiminut Pohjois-Savon ELY-keskus, jonka toimeksiannosta Destia Oy on laatinut hanketta koskevan tiesuunnitelman ja tiesuunnitelman täydennyksen vuonna 2012. (Tiesuunnitelma 2012, 1.1T)

7.1 Vt 5 osuuden Leppävirta–Kuopio kehittäminen välillä Palokangas–Humalajoki

7.1.1 Hankkeen vaiheet ja sidosryhmät

”Valtatie 5 osuuden Leppävirta–Kuopio kehittäminen välillä Palokangas–Humalajoki”-hankkeen tiesuunnitelma ja tiesuunnitelman täydennyssuunnitelma valmistuivat vuonna 2012. Opinnäytetyön tekemisen aikana tiesuunnitelma oli Leppävirran kunnalla ja Kuopion kaupungilla käsiteltävänä maantielain vaatiman käytännön mukaisesti. Lausuntojen ja muistutuksien käsittelyn jälkeen Pohjois-Savon ELY-keskuksen on määrä laatia tiesuunnitelman hyväksymispäätösesitys Liikennevirastolle. Liikenneviraston päätös asiakirjoineen tulee asettaa julkisesti nähtäville ja päätöksestä on mahdollisuus valittaa hallinto-oikeuteen. Valituksien käsittelyn jälkeen suunnitelma on lainvoimainen ja tienpitäjällä on oikeus ottaa tiealue haltuun rakentamista varten. Tiesuunnitelmaa edeltänyt YVA valmistui vuonna 2007 ja yleissuunnitelma vuonna 2009. Liikennevirasto antoi yleissuunnitelmasta hyväksymispäätöksen vuonna 2010. (Tiesuunnitelma 2012, 1.1T; Lappalainen 27.2.2013.)

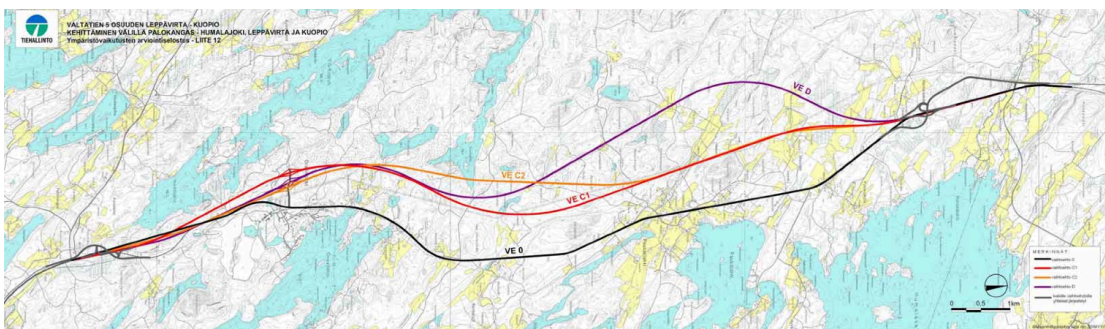
Hankeryhmään on kuulunut YVA-vaiheessa Savo-Karjalan tiepiirin Tiehallinnon, Leppävirran kunnan, Pohjois-Savon ympäristökeskuksen, Pohjois-Savon liiton sekä WSP LT-Konsultit Oy:n edustajia; yleissuunnitelmaa laadittaessa Tiehallinnon Savo-Karjalan tiepiirin, Leppävirran kunnan, Kuopion kaupungin, Pohjois-Savon ympäristökeskuksen ja WSP Finland Oy:n edustajia; tiesuunnitelma- sekä tiesuunnitelman täydennysvaiheessa Pohjois-Savon ELY-keskuksen liikenne- sekä ympäristövastuualueiden, Pohjois-Savon liiton, Leppävirran kunnan, Kuopion kaupungin, Destia Oy:n sekä eri asiantuntijoiden edustajia. Suunnittelun eri vaiheissa hankkeesta on kuultu maantielain edellyttämällä tavalla ja suunnittelun aikaisen vuoropuhelun perusteella on muodostunut käsitys, että maanomistajat, asukkaat ja muut sidosryhmät suhtautuvat hankkeeseen pääosin myönteisesti. (Tiesuunnitelma 2012, 1.2T, 16–17; Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2006, 7; Yleissuunnite 2008, 6.)

Jotta hulevedet tulisi johdettua ja käsiteltyä asianmukaisesti, on niiden hallintaan kiinnitettävä huomiota hankkeen alkuvaiheesta lähtien. Hulevesien hallinnan merkitystä tulisi korostaa hankeryhmän kokoontumisissa sekä sidosryhmille järjestettävissä tilaisuuksissa. Hulevesien hallinnan kannalta on erityisen tärkeää, että juuri päättäjät kokevat asian tärkeäksi ja huomionarvoiseksi. Tietoisuutta eri sidosryhmille tulisi lisätä hulevesien tämänhetkisestä tilasta, hulevesimäärien mahdollisesta lisääntymisestä ilmastomuutoksen seurauksena, hulevesien määrällisistä sekä laadullisista vaikutuksista ympäristöön sekä erilaisista ratkaisukeinoista, joita on kehitetty ongelmien ratkaisemiseksi tai lieventämiseksi. Hankeryhmään olisi voinut osallistua vahvemmin vesien tilaan ja hulevesien hallintaan perehtyneitä tahoja. Tilaajan olisi hyvä vaatia, että konsultilla on riittävä pätevyys ja ammattitaito hulevesien hallinnan suunnitteluun. Hulevesien käsittelystä ja hallitusta johtamisesta seuraa hyötyä myös Leppävirran kunnalle, Kuopion kaupungille, alueen maa- ja metsätalousyrittäjille ja yksittäisille kiinteistöille. Erityisesti näiden sidosryhmien yhteistyötä tulisi tehostaa vastaavissa hankkeissa hulevesien hallinnan yhteydessä.

7.1.2 Tien linjaus

Uudelle moottoritielelle on laadittu yleissuunnitteluvaiheessa neljä erilaista linjausvaihtoehtoa. Vaihtoehdon 0 mukaan hanketta ei toteuteta, mutta nykyiselle tielle tehdään pieniä liikenneturvallisuutta parantavia toimenpiteitä. Vaihtoehtojen C1 ja C2 mukaan moottoritielelle rakennetaan uusi maastokäytävä nykyisen tien länsipuolelle ja vaihtoehdon D mukaan rakennettavan uuden maastokäytävän linjaus kulkee Paukarlahden kohdalla huomattavasti länempänä muihin vaihtoehtoihin verrattuna. Linjaukseksi valittiin C2, jota myös Pohjois-Savon ympäristökeskus piti parhaana vaihtoehtona

ympäristövaikutusten arvioinnin pohjalta. Linjaukset on esitetty kuvassa 16. Linjaukseen on tehty muutoksia tiensuunnitteluvaiheessa maankäytön kehittämisen sekä liito-oravien elinpiirin säilyttämisen vuoksi. Linjausta siirrettiin kulkemaan osittain Ahvenlammen päältä liito-oravien elinpiirien säilyttämiseksi ja Oravikosken eritasoliittymän sijaintia muutettiin pohjoisemmaksi, jotta sillan rakentamisen vaikutukset Merta jokeen olisivat mahdollisimman pienet. Uusi tielinja ylittää silloin tai rummuin Merta joen, Pyöreisenpuron, Kaivantolampeen laskevan puron sekä Humalajoen. Linjaus halkoo jyrkkiä ohuen moreenikerroksen peittämiä sekä paljaita kallioharjanteita, suoalueita sekä muutamia alavia pehmeikköjä. (Tiesuunnitelma 2012, 1.1T, 1.2T, 6–16, 28.)



KUVA 16. Karttapohjalla on esitetty eri linjausvaihtoehdot. (Ympäristövaikutusten arviointiselvitys 2006, 75.)

Hulevesien hallinnan kannalta linjausvaihtoehdoista vaihtoehdolla 0 olisi ollut vähäisimmät vaikutukset pinta- ja pohjavesien tilaan. Kaikissa muissa vaihtoehdoissa tie on suunniteltu uuteen maastokäytävään, vanhan tien jäädessä seututiekseksi. Hulevesien määrän voidaan odottaa kasvavan läpäisemättömän pinta-alan lisääntymisen myötä. Lisäksi haitta-aineskuormitus tulee olemaan suurempi muissa linjausvaihtoehdoissa mittavampien rakennustoimenpiteiden vuoksi. Kaikki uuteen maastokäytävään sijoitettavat linjausvaihtoehdot katkovat luonnollisia valuma-alueita vaikuttaen virtausolosuhteisiin. YVA:ssa on määritelty vaihtoehdolla C1 olevan vaikutuksia Yli-Koiruksen sekä Ahvenlammen vedenlaatuun, vaihtoehdolla C2 olevan vaikutuksia Kivilammen vedenlaatuun ja vaihtoehdolla D olevan vaikutuksia Kivilahden sekä Ahvenlammen vedenlaatuun (Ympäristövaikutusten arviointi 2006). Valitulla vaihtoehdolla C2 tulee lisäksi olemaan vaikutuksia Ahvenlammen vedenlaatuun perustettaessa tie osittain lammen päälle. Ympäristövaikutusten arvioinnin mukaan pohjavesiin kohdistuvia haittoja aiheutuu vain vaihtoehdon D toteuttamisesta.

Merkittävää hulevesien hallinnan kannalta on, että linjausta valitessa on päädytty ympäristöviranomaisen suosittelemaan ratkaisuun C2. Valittu linjaus kulkee suoalu-

een, harjujen ja pehmeikköjen yli. Ympäröivien maasto-olosuhteiden ominaisuudet on hyvä huomioida hulevesien hallintaa suunniteltaessa. Hulevesien luonnonmukaista hallintaa voidaan tehostaa hyödyntämällä alueen kosteikkoja, suo-alueita ja muita vettä kerääviä painanteita rakenteiden sijoituskohteina ja hulevesien purkupaikkoina. Hulevesien johtamisesta kosteikkoihin tai muille luonnonvaraisille alueille ei kuitenkaan saa aiheutua haittaa esimerkiksi linnustolle tai luonnolliselle ekosysteemille. Pehmeikköiden ja turvealueiden kohdilla pohjanvahvistus tehdään massanvaihtona kaivamalla tai pengertämällä. Tien taseaus sijaitsee lähes koko pituudeltansa kuivastason yläpuolella ja tien rakenne toteutetaan louherakenteena, jolla on suurempi kantavuus kuin sille on liikenneteknisten vaatimuksien mukaan asetettu. Rakenteen kantavuuden lisäämiseksi ei siis ole tarvetta alentaa pohjavedenpintaa tai toteuttaa rakenteen vahvistamistoimenpiteitä. Hulevedet on mahdollista johtaa tierakenteesta pois pääosin ilman pumppaamoita, lukuun ottamatta Metsälän risteyssiltaa. Pumpaamon rakentamiselta olisi voitu välttyä nostamalla tien taseasta ja muuttamalla yksityistiejärjestelyjä, mikä ei olisi ollut kokonaistaloudellisesti kannattavaa (Poikela 2013).

7.1.3 Ympäröivä maankäyttö

Tällä hetkellä tiesuunnitelmaa koskevien alueiden maankäyttö palvelee pääosin maa- ja metsätaloutta sekä muita maaseutuelinkeinoja. Alueella on myös kaivostoimintaa ja pienteollisuutta. Tiealueen läheisyydessä on voimassa oleva asemakaava Oravikoskella sekä rantakaavat Huuhtijärvellä ja Koirusjärvellä. Oravikosken lisäksi alueella sijaitsee Paukarlahden kyläkeskus ja muuta haja- sekä loma-asutusta. Oravikosken taajama-alueella sijaitsee asuinrakennuksien lisäksi vain välttämättömimmät palvelut kuten kyläkauppa, koulukeskus, urheilu- ja tenniskentät, päiväkotit, neuvola ja liikuntatilat. Suunnittelualueen asukkaat hyödyntävät pääosin Leppävirran ja Kuopion palveluita. Nykyisen valtatiealueen läheisyydessä ei ole alle 20 metrin etäisyydellä rakennuksia ja 20–50 metrin etäisyydellä tiestä sijaitsee 25 asuinrakennusta ja yksi lomarakennus. Alueella sijaitsee useiden eri toimijoiden johtoja, kaapeleita, putkia ja laitteita. (Tiesuunnitelma 2012, 1.2T, 8–17.)

Vuonna 2008 Ympäristöministeriö vahvisti maakuntakaavan, jossa esitetään valtatiealueen uusi linjaus moottoritienä ja vanha linjaus seututienä. Kaavassa on esitetty suunnitelmaan sisältyvät Humalajoen, Paukarlahden ja Oravikosken eritasoliittymät. Uuden linjauksen väyläympäristö koostuu pääosin metsäjaksoista sekä avoimista tai puolivoimista viljelymaisemajaksoista. Suunnittelualueella on voimassa olemassa olevien asema- ja rantakaavojen lisäksi kaksi yleiskaavaa; Paukarlahden osayleiskaava

(1997) ja Särkilahden ja Särkiniemen osayleiskaava (2000). Leppävirran kunta on käynnistänyt Oravikoski–Paukarlahti–Kotalahti osayleiskaavoituksen, jossa huomioidaan valtatie uusi linjaus. Kunta kaavoittaa parhaillaan alueelle uusia asuinpaikkoja ja uuden sujuvan liikenneyhteyden Kuopioon odotetaan houkuttelevan alueelle uusia asukaita. (Tiesuunnitelma 2012, 1.2T, 6–8, 24.)

Tulevaisuuden tuomat muutokset maankäytössä tulee huomioida hulevesien hallintaa suunniteltaessa. Tiealueen ympärille keskittyvä ja tiivistyvä maankäyttö lisää hulevesien muodostumista alueella. Hulevesien muodostuminen on merkittävintä katto-pinnoilta sekä päällystetyiltä tiealueilta ja pysäköintipaikoilta. Taajama-alueilla hulevesien hallitun johtamisen ja käsittelyn merkitys korostuu vaurioherkkien rakenteiden ja läpäisemättömien pintojen lisääntyessä. Tässä tiehankkeessa asutus tulee lisääntymään todennäköisesti Oravikosken ja Paukarlahden ympäristössä nykyisen valtatie läheisyydessä. Asuinalueiden hulevedet johdetaan pois päin tien uudesta linjauksesta kohti itäpuolella sijaitsevaa Kallaveden vesistöä. Taajama-alueiden hulevesien hallinnan sekä käsittelyn tarvetta tulisi tarkastella. Oravikosken taajama-alueella sijaitsee Leppävirran kunnan omistuksessa oleva hulevesiverkosto. Hulevesiverkostoa ei ole voitu hyödyntää tiensuunnittelun yhteydessä, joten hulevesiverkoston purkupisteitä ole selvitetty (Poikela 2013). Mikäli taajama-alueiden hulevesien johtamis- tai käsittelyrakenteita ei voida hyödyntää, olisi vähintään niiden purkupisteet hyvä selvittää. Jos taajama-alueen ja tiealueen kuivatusvedet tullaan johtamaan pistemäisesti samalle alueelle, voi niiden yhteiskuormitus aiheuttaa huomattavaa haittaa ympäristölle. Aluevaraukset uusille hulevesien käsittelyrakenteille ja -järjestelmille tulisi tehdä kaavoituksen yhteydessä. Jos jo YVA- ja yleissuunnitelmavaiheessa on huomioitu hulevesien hallintatarve, rakenteille varatut alueet voidaan sisällyttää maakuntakaavaan tai yleiskaavaan ja valtiolla on oikeus lunastaa alueet rakennusvaiheessa käyttöönsä. VT-5 muutosmaakuntakaavassa eikä Leppävirtaa koskevassa yleiskaavassa ole osoitettu alueita hulevesien hallintarakenteille.

7.1.4 Ympäristövaikutusten arviointi

Pohjois-Savon ympäristökeskus on todennut lausunnossaan hankkeen YVA:n täyttävän lain edellyttämät vaatimukset. Lausunnossa on mainittu, että mikäli hankkeen toteuttaminen pitkittyy voi YVA vaatia päivittämistä. Hankkeeseen liittyviä luontoarvoja on inventoitu YVA:n aikana ja osa luontokohteista on todettu luonteeltaan pysyviksi, kuten virtavedet ja perinnebiotoopit. Suunnittelualueella ei sijaitse Natura 2000 -suojelualueita, luonnonsuojelualueita eikä valtakunnallisten suojeluohjelmien kohteita. Tiesuunnitelman lähtökohtana olleen YVA:n ja yleissuunnitelman lisäksi suun-

nittelua on ohjannut tarveselvitys (2004). Tiesuunnitelman aikana YVA:a täydentäviä selvityksiä on tehty kaksi kappaletta ja ne ovat koskeneet liito-oravan ja viitasammakon esiintymistä alueella. Viitasammakoita alueella ei havaittu, mutta liito-oravien elinpiirien suojeleminen jouduttiin huomioimaan tien linjauksessa. (Tiesuunnitelma 2012 1.2T, 6–9; 1.2T 7–8; Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT1.1, 24.)

YVA on kytkeytynyt yhteen yleissuunnittelun ja kaavoituksen kanssa. Arvioinnissa on tarkasteltu alueen nykytilaa, asetettu ympäristöön kohdistuvia tavoitteita sekä arvioitu eri linjausvaihtoehtojen seurauksia ympäristöön. Hankkeen on todettu vaikuttavan pysyvästi alueen vesitalouteen muuttaen tai kokonaan estäen luonnollisen hulevesien valunnan. Uusien virtausolosuhteiden on todettu kuivattavan paikoin lähialueita ja paikoin keräävän pintavesiä painanteisiin. Alue kuuluu suureen Vuoksen vesistöön, joka on runsasvetinen sisältäen useita järviä. Suunnittelualue sijaitsee päävedenjakaja-alueiden tuntumassa. Suunnittelualueen pintavedet imeytyvät maaperään tai yhdistyvät noroissa, puroissa, joissa, ojissa ja suoalueilla virraten kohti Kallavettä. Kallavesi laskee Saimaan ja Vuoksen kautta Venäjälle Laatokkaan. Merkittäviä pohjavesialueita on suunnittelualueella yksi, Vuorisenmäen II-luokan pohjavesialue. Hankkeen tavoitteena on, ettei pinta- ja pohjavesien pilaantumisriski kasvaisi eikä virtaamaolosuhteet muuttuisi merkittävästi. Tavoitteeksi on myös asetettu, että muutokset topografiassa sekä maa- ja kallioperäolosuhteissa olisivat mahdollisimman pieniä. Rakentamisen aikaiset toimenpiteet tulevat väistämättä aiheuttamaan muutoksia vesien tilaan, etenkin maansiirtotöiden aikaan. Tien valmistuttua riskit muodostuvat pääosin liikenteestä, haitallisten aineiden kuljetuksista, onnettomuuksista sekä talviaikaisesta liukkaudentorjunnasta. Maa- ja kallioperään sekä pohja- ja pintavesiin kohdistuvien vaikutuksien arvioinnin lisäksi on YVA:ssa tarkasteltu vaikutuksia kasvilisuuteen ja eläimistöön, luonnon arvokohteisiin ja luonnonvaroihin. (Ympäristövaikutusten arviointiselvitys 2006, 16–17.)

Hulevesien hallinnan tarve määritellään pääosiin YVA:n pohjalta. Hankkeen YVA käsittelee ympäristöasioita melko laajasti, ottamatta suoraan kantaa juuri hulevesien hallintaan. Asiaa sivutaan tarkasteltaessa alueen pinta- ja pohjavesien herkkyyttä. YVA:ssa voisi määritellä tavoitteet hulevesien laadullisen ja määrällisen hallinnan suhteen tarkemmin. Ympäristöselvityksien yhteydessä alueella esiintyvät pienet vesistöalueet on inventoitu ja pyritty huomioimaan suunnitelmissa mahdollisuuksien mukaan. Hulevesien suhteen lisäselvityksiä olisi voinut tehdä esimerkiksi alueellisista sadannoista ja niiden mahdollisista muutoksista. Ilmatieteenlaitos kerää ja tilastoi sadantatietoa. Lisäksi vesistöjen haitta-ainekuormitus tulisi selvittää YVA yhteydessä. Muutoksia kiintoaineksen, fosforin, typen ja pintavalunnan osalta tulisi vertailla luon-

nonmukaisen, rakentamisen aikaisen ja hankkeen valmistumisen jälkeisillä hetkillä. Vertailun pohjalta määritellään tarve hulevesien hallintarakenteille. Hulevesien hallintarakenteiden sijainti olisi hyvä määrittää hankkeen alkuvaiheessa, jotta aluevaraus voitaisiin tarvittaessa huomioida jo maankäyttöä suunniteltaessa, viimeistään tiesuunnitelmaa laadittaessa. Mikäli hankkeeseen olisi sisällynyt hulevesien hallintarakenteita, niitä koskeva ympäristö- ja vihersuunnittelu olisi ollut hyvä toteuttaa alustavasti jo tiesuunnitelmavaiheessa kasvillisuuden ollessa osa rakennetta. Mikäli hankkeen toteutumisajankohta tulee viivästymään huomattavasti, on uusi YVA laadittava. YVA:a olisi hyvä täydentää hulevesien määrällistä ja laadullista hallintaa koskevilla selvityksillä jatkosuunnittelun yhteydessä. Hankkeeseen voisi sisällyttää hulevesien hallintasuunnitelman. Tiesuunnitelman täydennystä olisi hyvä tarkentaa ympäristösuunnitelman, kuivatussuunnitelman ja hulevesien hallinnan osalta.

7.1.5 Hulevesien hallintatarpeen arviointi

Hankkeelle on määritetty ympäristöä koskevia seudullisia sekä paikallisia tavoitteita. Tavoitteena on, että ympäristöhaitat pyritään minimoimaan huomioiden alueen luonto. Elinympäristön tulisi olla viihtyisä, turvallinen, terveellinen sekä toimiva. Hankkeen toteuttamisvaihetta varten vaaditaan yhdelle kallionottoalueelle maa-aines- ja ympäristölupa sekä viidelle vesistösillalle ja niihin liittyville vesiuomille vesioikeudelliset luvat. Lisäksi Ahvenlammen osittainen täyttö vaatii vesilain mukaisen luvan. Lupia ei ole haettu, sillä rakentamisajankohta ei ole vielä tiedossa. (Tiesuunnitelma 2012, 1.2T, 14–15.)

Hankkeelle asetettujen paikallisten ja alueellisten ympäristötavoitteiden lisäksi hankkeen valtakunnallisia tavoitteita voisi korostaa enemmän. Pienistä puroista syntyy suuri virta eli paikallisella ja alueellisella hulevesien hallinnalla on myös valtakunnallisesti merkitystä. Hanke sijoittuu vedenjakaja alueelle, joten sillä on merkittävä asema sijaintinsa puolesta. Mikäli ympäristölupia vaativilla siltapaikoilla tai kallionottoalueella ilmenee suuria riskejä koskien vesistöjä, on alueen asukkailla, viranomaisilla ja muilla sidosryhmillä vielä mahdollisuus muistuttaa asiasta tai osoittaa mielipiteensä lupaprosessien aikana. Hankkeessa on mahdollisuus soveltaa *treatment train* -lähestymistavan ennakoivaa toimintatapaa minimoimalla hulevesien muodostuminen ja haitta-aineiden kulkeutuminen vesistöön. Tarve rakenteiden toteuttamiselle tulisi määrittää arvioimalla vastaanottavan vesistön kuormitusta sekä pintavalunnan lisääntymistä; tilannetta tulisi vertailla luonnonmukaisen, rakentamisen aikaisen ja hankkeen valmistumisen jälkeisellä hetkellä (Pajula 27.2.2013).

Hankkeen ympäristöön kohdistuvilla muutoksilla on välittömiä sekä välillisiä vaikutuksia hulevesien hallintatarpeeseen. Moottoritie sijoittuu uuteen maastokäytävään, joka peittää alleen kasvillisuutta ja elinympäristöjä vaikuttaen vierialueiden luonnonoloihin. Lunastettavasta maa-alueesta on metsämaata 170 ha, peltomaata 10 ha, joutomaata 7 ha ja tonttimaata 1 ha. Ympäröivien alueiden vesitalous tulee muuttumaan pysyvästi, kun hulevesien virtaukset muuttuvat tai estyvät korkeussuhteiden muutoksien vuoksi. Alueen kuivatusjärjestelyt muuttuvat, mikä saattaa johtaa rankkasateiden aikana suurien hulevesimäärien muodostumiseen ja veden samentumiseen. Väyläympäristön viimeistelyssä tullaan huomioimaan ekologisuus ja taloudellisuus selkeillä ratkaisuilla, luonnonmukaisella viherrakentamisella ja paikallisia materiaaleja hyödyntäen. Massataloutta suunniteltaessa tavoitellaan massatasapainoa siten, että väylien tierakennekerrokset olisi mahdollista rakentaa kiviaineksesta joka on peräisin tielinjalta. Lisäksi alueelle on suunniteltu kolme varamaanottopaikkaa. Varamaanottopaikkojen käytön jälkeen alueille rakennetaan meluvallit, jotka muotoillaan ylijäämämailla ja metsitetään. Moottoritielle on suunniteltu kaiteita sekä riista-aitoja parantamaan liikenneturvallisuutta. (Tiesuunnitelma 2012, 1.1T, 1.2T, 22–27; Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT1-1, 4, 23–24.)

Liikenneturvallisuuden parantuessa onnettomuuksien aiheuttama pinta- ja pohjavesien likaantumisriski pienenee. Uuden maastokäytävän rakentamisen vuoksi sadevedet eivät imeydy maaperään eikä haihtumista kasvillisuuden ja puuston soluhengityksen kautta tapahdu enää samoin kuin ennen tien rakentamista. Luonnonmukainen sadeveden pintavalunta muuttaa kulkuaan ja estyy uuden tielinjan vuoksi. Hulevesiksi muuttuneet sadevedet johdetaan rumpujen, avo-ojien, salaojien ja muiden tien kuivatusrakenteiden kautta keskitetysti luonnon uomiin tai hajautetusti tiealueen sivuille. Suurin osa lunastettavasta maa-alueesta on metsämaata, jolla on hyvä kyky varastoida sadevesiä puustoon, kasvillisuuteen, maaperään ja painanteisiin. Pintavesien varastointikyky heikkenee hankkeen myötä. Metsämaan valumakerroin on metsän luonteesta riippuen 0,1–0,2, asfalttipäällysteellä 0,7–0,9 ja tien nurmetetulla luiskalla 0,4–0,6. Myös uuden linjauksen alle jäävillä pelloilla ja suoalueilla vedenvarastointikyky on hyvä; samaa suuruusluokkaa kuin metsämaastolla.

Vaikka hankkeessa tiedostetaan ympäristöriskit, niitä ei ole eritelty hankkeen turvallisuutta koskevassa riskienhallintasuunnitelmassa. Hallitsemattomat hulevedet voivat aiheuttaa turvallisuusriskin. Riskikartoitukseen voisi lisätä arviot tulvien todennäköisyydestä sekä pinta- ja pohjavesien pilaantumisriskeistä. Maa-ainesten otolla on vaikutuksia ympäröivien pinta- ja pohjavesien laatuun. Kiintoaineshuuhtouma lisääntyy pintamaan poiston seurauksena ja muutokset pohjavedenpinnan korkeuksissa ovat

mahdollisia. Hankkeen massataloutta suunniteltaessa on pyritty hyödyntämään alueen omia maa-ainesvaroja. Vain tiukimmat laatukriteerit omaavat maa-ainekset hankitaan hankkeen ulkopuolelta. Varamaanottoalueiden käytön jälkeinen käsittely on suunniteltu etukäteen. Suunnitelmien mukaan alueille rakennettavat meluvallit verhoillaan ja niihin lisätään puustoa. Puustolla ja kasvillisuudella on hyvä kyky sitoa maa-ainespartikkeleita juuriensa avulla ja hidastaa kaltevassa maassa tapahtuvaa pintavaluntaa. Ympäristösuunnitelmaa laatiessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota kasvillisuus- ja puustolajeihin; valinnassa tulee suosia paikallisia lajikkeita, jotka palvelevat tarkoitustansa mahdollisimman hyvin. Hankkeessa tiedostetaan riski suurien hulevesimäärien muodostumisesta ja niiden mahdollisesta samentumisesta hetimitäin. Lisäksi väyläympäristön viimeistelyn ja viherrakentamisen merkitys on nostettu esille. Hanke tulee kuitenkin toteuttaa mahdollisimman kokonaistaloudellisesti, jolloin kustannuksia ja hyötyjä vertaillen etsitään optimiratkaisuja. Hankkeessa ei ole tarkoituksenmukaista käsitellä ja puhdistaa kaikkia muodostuvia hulevesiä.

7.2 Määrällinen hallinta

7.2.1 Hulevesien määrä

Tiesuunnitelmassa ja tiesuunnitelman täydennyksessä käytetyt mitoitusvesimäärät on määritetty InfraRYL:n ja Tielaitoksen julkaiseman ”Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne 4 Kuivatus” -ohjeen mukaisesti. Suunnittelussa olisi voinut käyttää apuna myös muita ohjeita, kuten Suomen Kuntaliiton tuoretta Hulevesiopasta tai Suomen ympäristökeskuksen Silta- ja rumpalausuntojen valmistelu -julkaisua, joissa ilmastomuutoksen vaikutukset mitoitusvesimääriin on huomioitu. Lisäksi ilmatieteen laitos kerää tapahtumatietoa sadannoista ja laatii ilmastomalleja, joiden perusteella alueellisten mitoitusvesimäärien tarkempi määrittäminen olisi teoriassa mahdollista. Edellä mainittuihin muutoksiin ei ole ainakaan vielä siirrytty eikä tilaajana toimiva ELY-keskus ole sitä vaatinut (Lappalainen 27.2.2013). Hankkeen hulevesiä ei ole mallinnettu, eikä mallintaminen ole yleinen käytäntö tiensuunnittelussa. Mallintamisen käyttöönotto tukisi tulvatarkastelua ja mallintamisen käyttöönottoa vastaavanlaisissa hankkeissa voisi kehittää. Mallintamishajelmia ei ole suunniteltu yksin hulevesien määrällistä hallintaa varten vaan niitä käytetään myös laadulliseen hallintaan.

Rakennettavan tien linjaaminen uuteen maastokäytävään lisää hulevesien muodostumista. Vanha valtatie jää purkamisen sijaan palvelemaan liikennettä seututienä, joten rakentamisen jälkeen hulevesiä muodostuu molemmilta tien pätkiltä. Päälystettävien pintojen määrä koko hankkeessa tulee olemaan tiesuunnitelman täydennyk-

sen määräluettelon (2012, TT10-3.1) mukaan noin 350 000 m². Päälystettävältä alueelta tulee muodostumaan huomattava määrä hulevesiä, jotka on johdettava hallitusti tiealueen ulkopuolelle ja käsiteltävä siten, ettei niistä aiheudu ympäristölle merkittävää haittaa. Hankkeessa käytetään sidotuissa kulutuskerroksissa päälysteenä pääasiallisesti SMA:a ja AB:a. Päälystetty kulutuskerros johtaa hulevedet tehokkaasti tien pinnalta ympäröivään maastoon tai kohti sivuojia. Avoimien päälysteiden käyttö lisäisi hulevesien imeytymistä maaperään, mutta sen käyttö hankkeessa ei täytä päälysteelle asetettuja vaatimuksia. Avoimella asfaltilla on huono kulutuskestävyys ja vedenläpäisevyydestäkään ei ole etua kuivaa ja routimatonta tierakennetta tavoiteltaessa. Avoin asfaltti soveltuu laajoille asfalttikentille, missä liikenteen kuormitus on pientä. Tarkasteltavaan hankkeeseen ei sisälly edellä mainitun kaltaisia alueita, lukuun ottamatta saattopysäkkejä ja kunnossapidon kääntöpaikkoja. Pienien pinta-alojen vuoksi saattopysäkit ja kääntöpaikat on työmaateknisistäkin syistä järkevämpää päälystää samoin kuin niiden läheisyydessä olevat tiealueet ja käsitellä hulevedet muulla tavoin. Mikäli alueelle sijoitettaisiin hulevesien hallintarakenteita, tulisi niiden mitoituksessa huomioida valuma-alueet. Tien yläpuolisilta alueilta voi kertyä sivuojiin ja niskaojiin huomattavia määriä sadevesiä pintavaluntana.

Hankkeen suunnitelmiin ei sisälly karttoja valuma-alueista. Suunnitelmiin olisi hyvä lisätä karttaotteet valuma-alueista ainakin, jos virtausolosuhteet tulevat hankkeen myötä muuttumaan merkittävästi. Valuma-alueet tulisi määritellä luonnonmukaisesta, rakentamisen aikaisesta ja hankkeen valmistumisen jälkeisestä tilanteesta. Hankkeen valuma-alueet on määritetty suunnittelun yhteydessä 1:2000/1:20000 -karttaotteiden pohjalta (Poikela 2013). Kriittisiksi havaituilla alueilla tarkasteluun käytettävän maastokartan tarkkuus korostuu. Maastokäyntien yhteydessä tulisi tarkastaa kriittisiksi määritetyt kohteet ja arvioida, kuinka määritetyt valuma-alueet vastaavat todellisuutta. Valuma-aluekarttoihin olisi hyvä merkitä virtausolosuhteisiin vaikuttavat maastotyyppit. Paikkatietoikkuna -palvelun mukaan suunnittelualueella näyttää sijaitsevan kaksi valuma-aluetta. Eteläinen valuma-alue kerää vedet Ylä-Koirukseen, josta ne virtaavat Oravikoskella sijaitsevaa Mertajokea pitkin tien ali Oravilahteen. Pohjoisen valuma-alue kerää hulevedet neljään eri uomaan, joista kolme sijaitsee suunnittelualueella; Humalajoki, Pyöreisenpuro sekä Paukajokeen laskeva Tikanpuro. Pohjoisen valuma-alueen vedet virtaavat Koirukseen sekä Humalaselälle. Oravilahti, Koirus sekä Humalaselkä ovat Kallaveden eteläisiä osia. Lisäksi näiden kahden valuma-alueen sisälle muodostuu pienempiä osavaluma-alueita. Valuma-alueiden maasto on pääosin kumpuilevaa metsämaastoa, alueella sijaitsee ojitettuja peltoja, suo- sekä metsäalueita. Pintaveden virtaukset on määritetty korkeuskäyrien perusteella maas-

tokartoista. Pintavalunnan mallintaminen helpottaisi valuma-alueiden määrittämistä ja vähentäisi inhimillisiä virheitä virtaussuuntien määrittämisessä

Suunnitelmista ei ilmene rakenteiden mitoituksessa käytettävien mitoitusvesimäärien suuruutta. Laskelmat ja lähtöarvot kuuluvat suunnitelmien tausta-aineistoon. Tausta-aineistot ja suunnittelussa käytetyt mitoitusarvot on arkistoitu joko suunnittelijan tai tilaajan toimesta mahdollisesti myöhemmin ilmenevää tarvetta varten (Poikela 2013; Lappalainen 27.2.2013). Mikäli hankkeen yhteydessä olisi tarkasteltu vastaanottavaan vesistöön kohdistuvia kuormituksia tai muutoksia pintavalunnan määrissä, olisi vertailuarvot hyvä esittää suunnitelma-asiakirjoissa. Siltapaikkojen aukkolausunnot tulevat sisällymään ympäristölupiin, jotka haetaan toteutuksen varmistuttua (Lappalainen 27.2.2013). Vesioikeudellisia lupia ja lausuntoja koskevaa käytäntöä olisi hyvä kehittää siten, että niissä esitetyt asiat voitaisiin huomioida vesistösiltoja suunniteltaessa. Jos tulevaisuudessa ympäröivä maankäyttö kehittyy ja alueelle tullaan suunnittelemaan uusia hulevesien hallintajärjestelmiä ja -rakenteita, olisi mitoitusarvojen ja tausta-aineistojen hyvä olla helposti saatavilla. Lisäksi urakoitsija voi olla kiinnostunut alueen valuntaolosuhteista työmaajärjestelyjä suunnitellessaan.

Suunnittelun yhteydessä on laskettu mitoitusvirtaamia rumpujen ja putkikokojen mitoittamista varten. Viranomaistaho ja konsultti olivat sopineet, että silta-aukkojen määrittäminen voidaan tehdä nykyisten vesistösiltojen olemassa olevien aukkojen mukaisesti huomioiden riistan ja saukon kulkumahdollisuudet. Suunnitelmaan sisältyvä Metsälän pumppaamo on mitoitettu vesimäärälle 100 l/s ja se on suunniteltu sekä johtamaan hulevesiä sekä tarvittaessa laskemaan pohjaveden pintaa. Pumppaamo tullaan lopullisesti valitsemaan rakentamisen aikana. Rakennettavat sekä siirrettävät uomat on suunniteltu olemassa olevien uomien mukaisesti, vähintään samoihin mittoihin. (Poikela 2013; Lappalainen 27.2.2013.)

Hulevesiä tai tien kuivatusvesiä ei tulisi johtaa suoraan luonnonuomaan siten, että virtaamat kasvavat haitalliseksi uoman tai sen ylittävien rakenteiden pysyvyydelle. Mikäli hule- ja kuivatusvesiä ei johdeta suoraan tietä alittavaan uomaan eikä virtaamien odoteta lisääntyvän, voidaan silta-aukkojen ja avouomien mitoitus toteuttaa nykyisen tilanteen mukaisesti. Jos muutoksia virtaamissa on odotettavissa, lisäselvityksiä olisi hyvä tehdä. Pääosin suunnitelman valuma-alueet ovat suurempia kuin 100 ha, jolloin mitoitusvirtaaman on määrännyt lumen sulaminen. Mikäli valuma-alueen koko on ollut 10–100 ha, on virtaama määritetty sekä rankkasateelle että lumen sulamiselle. Pumppaamot tulisi mitoittaa rankkasadetapahtuman perusteella.

Mitoitusvirtaamat suurimmille rummuille on määritetty Tielaitoksen ”Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne 4 Kuivatus” -ohjeessa olevien nomogrammien ja laskukaavojen mukaisesti. Valuma-alueiden ominaisuuksia kuvaavat kertoimet on määritetty maastokartan perusteella. Karttojen perusteella peltojen ja järvien osuus osavaluma-alueilla on ollut pieni, eikä niillä ole ollut suurta vaikutusta mitoitusvirtaamaan. Suurin vaikutus mitoitusvirtaamiin on ollut ojitetuilla metsämailla. Kevätylivalumaa määritettäessä on vertailtu 10 ja 20 vuoden välein toistuvien kevätylivalumien arvoja. Teiden suunnittelu -ohjeen mukaan 10 vuotta on riittävä toistuvuus yleisille teille sekä moottoriväylille ja 20 vuotta käytetään tienkohdissa, joissa tulviminen aiheuttaa ympäristöhaittoja. Mikäli mitoittava virtaama on Tielaitoksen ohjeen mukaan täytynyt määrittää rankkasateen mukaan, on valuma-alue kerrottu painotetulla valumakertoimella. Valumakerroin on määritetty maastokarttojen avulla, valumakertoimet ovat olleet pieniä vähäisen päällystetyn pinta-alan vuoksi. Mitoitussateena on käytetty kerran viidessä ja kerran yhdessä vuodessa toistuvaa 60 minuuttia kestäväää rankkasadetta. Rummut on mitoitettu Prandtl–Colebrookin nomogrammin perusteella. Suurempien valuma-alueiden rummut on myös määritetty valuma-alueen koon ja uoman kaltevuuden mukaan. Mitoitettuja arvoja on vertailtu ja suunnittelija on kokemukseräisesti valinnut sopivan rummun koon.

Mitoituslaskelmissa ei ole huomioitu ilmastonmuutoksen aiheuttamaa sadannan kasvua ja rankkasateiden voimistumista. Valitut rumpukoot ovat hieman suurempia kuin mitoituslaskelmien perusteella vaaditaan, joten niiden voidaan olettaa toimivan moitteettomasti, mikäli muutoksia sadannassa tapahtuisi. Lisäksi mitoittavana tekijänä on ollut pääosin lumen sulaminen ja ilmastonmuutoksen ei ole odotettu vaikuttavan merkittävästi kevättulvien lisääntymiseen tai kevätylivaluman kasvuun pakkaskauden lyhentyessä. Tarkempaa tietoa alueellisista sadannoista ja tilastoja rankkasateiden toistuvuuksista suunnittelua tukemaan voisi saada Ilmatieteenlaitokselta.

7.2.2 Tulvatarkastelu

Hankkeeseen ei ole sisälly erillistä tulvariskitarkastelua. Alueelle ei ole nimetty Suomen ympäristökeskuksen eikä Kuopion tai Leppävirran toimesta merkittäviä meri-, vesistö- tai hulevesitulvariskialueita. Suunnittelualue kuuluu Vuoksen vesienhoitoalueeseen ja sijaitsee Vuoksen ja Kymijoen päävesistöjen vedenjakaja-alueella. Suunnittelualan sijainnilla kahden päävesistöalueen vedenjakaja-alueella on todennäköisesti vaikutusta vähäiseen tulvariskiin. Vuoksen vesienhoitosuunnitelmassa on huomioitu ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöön ja arvioitu valunnan pienenevän Keski-Suomessa järvihaihdunnan lisääntymisen myötä. Talvella lisääntyvän lumen

sulamisen ja vetenä tulevan sateen ennustetaan lisäävän tulvia talviaikaan. Keväisin tulvien odotetaan vähenevän ohuen lumipeitteen vuoksi. Kesäaikaan voimistuvat rankkasateet voivat aiheuttaa tulvimista etenkin taajamissa ja pienien sekä keskisuurien jokivesien läheisyydessä. Pidentyvällä kesäkaudella odotetaan myös olevan vaikutuksia kuivien kausien pidentymiseen Keski-Suomen alueella. (Kotanen ym. 2009, 31.)

Koska suunnittelualue ei sijaitse merivesien läheisyydessä, merivesitulvan todennäköisyys on olematon. Vesistötulvatapauksessa liikenteelle haitallinen tulviminen tapahtuisi todennäköisimmin luonnon uomia ylittävissä siltapaikoissa kuin pienvesistöjen tai järvien läheisyydessä. Neljästä suurimmasta uomasta merkittävimmät riskit ovat Pyöreisenpuron risteyssillan ja Mertajoen siltojen kohdilla. Pyöreisenpuron risteyssilta toimii sekä vesistö- että risteyssiltana, jolloin Pyöreisenpuro voi tulvia puron vierellä kulkevalle yksityistielle. Mertajoen kohdalla suuren valuma-alueen ja alueella sijaitsevan Ylä-Koiruksen vuoksi virtaamat ovat muita siltapaikkoja suurempia. Hulevesitulvien riskialueita ovat eritasoliittymät ja siltapaikat.

Suunnittelun aikana tulvariski on otettu huomioon tasausta suunniteltaessa. Tielinjan sijaitessa pääosin peruskuivatustason yläpuolella, joten tulvariski on pieni. Vesien virtaussuunnat tiealueella on selvitetty ja niistä on laadittu kuivatuskartta, joka sisältyy suunnitteluaineistoon. Veden virtaussuunnat on pyritty järjestämään luonnollisia virtausolosuhteita ja maan muotoja mukailleen. Alueelle joudutaan rakentamaan yksi pumppaamo, joka sijaitsee Metsälän risteyssillan kohdalla. Pumppaamalla siirretään alikulun kohdalle kerääntyvät hulevedet pois liikenneturvallisuutta ja rakenteiden pysyvyyttä vaarantamasta, minkä lisäksi se alentaa pohjavedenpintaa tarvittaessa. Pumppaamon kapasiteetiksi on määritetty 100 l/s. Hallitsevana tierakenteena suunnitelmassa on louhelaatikko, jonka kantavuus ylittää tierakenteelle asetetut kantavuusvaatimukset. Vankka tierakenne vähentää mahdollisten tulvien aiheuttamia vaurioita, jotka kohdistuvat rakenteen pysyvyyteen. (Hätinen 30.1.2013; Poikela 2013.)

Tien kehittämishanketta seuraavista ja siihen kohdistuvista tulvariskeistä olisi ollut hyvä laatia selvitys mahdollisimman varhaisessa vaiheessa hanketta, vaikka riskin tiedettäisiinkin tai sen oletettaisiin olevan pieni. Tulvatarkastelun liittäminen YVA:n ja yleissuunnitelman yhteyteen olisi luontevaa. Hankkeen yhteydessä olisi ollut hyvä tarkastella valittua linjausta etenkin hulevesien aiheuttaman tulvariskin näkökulmasta. Tarkastelun yhteydessä osoitettaisiin kriittiset kohdat, arvioitaisiin määrällisten hallintarakenteiden toteuttamisen tarve ja varattaisiin rakenteille tilaa tiealueelta sopivista paikoista. Mallintamisen käyttöönotto tukisi tulvatarkastelua. Ohjelmilla voitaisiin

tutkia erilaisten sadetapahtumien vaikutusta hulevesien muodostumiseen ja niiden käyttäytymiseen.

7.2.3 Määrällisen hallinnan toimenpiteet

Hulevesien määrällistä hallintaa suunniteltaessa olisi hyvä soveltaa *treatment train* -toimintatapaa. Ennen rakenteiden suunnittelua, niille tulisi määrittää tarve. Tarve olisi hyvä määrittää hankkeen alkuvaiheessa YVA:n tai erillisen hulevesien hallintasuunnitelman yhteydessä. Rakenteiden määrällisen hallinnan tarve tulee selvittää valuma-aluelähtöisesti vertaillen luonnonmukaista, rakentamisen aikaista sekä hankkeen valmistumisen jälkeistä tilannetta keskenään. Uomille määritetään valuma-alueet ja valuma-alueille virtaussuunnat sekä painotetut valumakertoimet eri tilanteissa. Luonnonmukaiselle tilanteelle annetaan vertailuarvo 1, johon muita tilanteita verrataan. Vertailemalla saatuja arvoja tarve sekä sen likimääräinen sijainti voidaan paikantaa. (Minnesota Stormwater Committee 2008; Pajula 27.2.2013.)

Hulevesien johtaminen hankkeessa toteutetaan pinta- sekä putkijärjestelmillä. Mitään erikoisrakenteita ei alueelle ole suunniteltu. Hulevesien määrällisen hallinnan tulisi perustua hulevesien muodostumisen minimoimiseen, joka voidaan saavuttaa päällystettävää pinta-alaa vähentämällä tai valitsemalla avoimia päällysteitä. Hulevesien muodostumista suunnittelualueella on jo käsitelty kappaleessa 7.2.1, jossa todetaan läpäisevien päällysteiden sopimattomuus hankkeeseen. Hulevesien muodostumiseen alueella voidaan tulevaisuudessa vaikuttaa kaavoituksen kautta. Maankäytön kehittyessä ja mahdollisesti keskittyessä moottoritien varteen voidaan kaavamääräyksiin vaatia tonttien hulevesien käsittelyä esimerkiksi imeyttämällä. Luonnollisesti tonttien kuivatusvesiä ei saa johtaa ilman lupaa maantieojaan tai tiealueelle. Kasvillisuutta määrällisessä hallinnassa olisi mahdollista hyödyntää enemmän. Kasvillisuus hidastaa virtaamia ja haihduttaa vettä soluhengityksen avulla. Valitsemalla oikeita kasveja ja sijoittamalla ne tieympäristöön sekä hulevesien hallintarakenteisiin harkiten voidaan määrällisen hallinnan lisäksi hallita hulevesien laatua. Kasvillisuuden merkitykseen tulisi kiinnittää huomiota enemmän ympäristösuunnitelmaa laadittaessa.

Hulevesien johtaminen avouomissa toimii viivyttävänä menetelmänä pienillä pituuskaltevuuksilla. Sivuojat on kuitenkin tarkoitettu ensisijaisesti tierakenteen kuivattamiseen ja hulevedet tulisi johtaa niiden avulla viivyttämättä pois tiealueelta. Hankkeeseen suunnitelluissa avo-ojissa kaltevuudet ovat pääosin pieniä, lukuun ottamatta rinnettä Humalamäen läheisyydessä, missä sivuoijien kaltevuus on 3 %. Humalamäen kohdalle on ojan pohjalle ja suunniteltu eroosiosuojaus. Virtausta sivuoijissa olisi

myös mahdollista hidastaa porrastamalla ojien pohjia. Hulevesiä viivyttävä rakenne sopisi erilliselle alueelle, minne johdetaan suuria määriä hulevesiä keskitetysti. Hankkeeseen on suunniteltu kolmisenkymmentä laskuojaa. Suurimmat virtaukset tulevat olemaan Mertajoessa, Humalajoessa, Pyöreisenpurossa, Tikanpurossa ja Variskorvenojassa (Poikela 2013; Pääkkönen 2013). Viivyttävä rakenne voitaisiin sijoittaa esimerkiksi jonkun edellä mainitun uoman yhteyteen, jolloin virtauseroosio vähenisi. Luonnontilaiseen uomaan rakenteen sijoittamista tulisi kuitenkin välttää. Viivyttävä rakenne voisi olla rakenteeltaan esimerkiksi lammikko, kosteikko tai tulvatasanne. Luonnollinen sijainti tulvavesien viivyttämiseen voisi olla esimerkiksi Kemmensuon alueella. Alueen soveltuvuus tarkoitukseen ja rakenteen tarve kyseenomaisella alueella tulisi olla määritetty laskelmin ja tutkimuksin.

Hulevesien määrällinen hallinta imeyttämällä ei sovellu hankkeeseen liukkaudentorjunnan vuoksi. Moottoritie tullaan luokittelemaan talvihoitoluokkaan Is, mikä tarkoittaa tien olevan normaalisti aina paljaana lumipeitteestä ja jäältä. Mikäli tulevaisuudessa siirrytään pohjavesille vaarattomiin liukkaudentorjunta-aineisiin, voi hulevesiä imeyttävä rakenne olla potentiaalinen vaihtoehto. Lisäksi imeyttävällä rakenteella on rajallinen vesienkäsittelykapasiteetti eikä se sovellu yksinään suurien alueiden määrälliseen hallintaan. Imeyttäminen voisi tulla kyseeseen esimerkiksi eritasoliittymissä, levähdysalueilla tai paikoitusalueilla muodostuvien hulevesien määrälliseen ja laadulliseen hallintaan. Alavissa paikoissa ainakin osa hulevesistä voitaisiin pyrkiä imeyttämään sen sijaan, että ne johdetaan pumppaamon avulla paineellisesti pois alueelta. Imeyttämiseen voisi mahdollisesti käyttää imeytyskaivantoa tai painannetta. Imeyttämisen merkitys korostuu alueilla, missä on paljon läpäisemättömiä pintoja. Tarkastelun hankkeen ympäristö jää hyvin luonnonmukaiseksi, jolloin yksittäisen pienen alueen hulevesien imeyttämällä ei ole suurta merkitystä pohjavesivarojen suhteen.

7.2.4 Hulevesien laatu

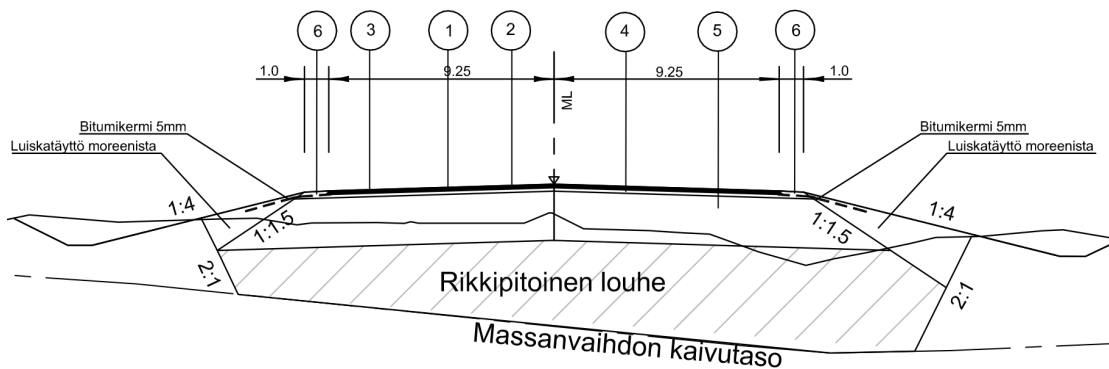
Uusi tielinjaus sijaitsee kahden suuren päävesistöalueen välissä, vedenjakaja-alueella. Keskeinen sijainti lisää hulevesien laadullisen hallinnan merkitystä, etenkin ennaltaehkäisyn merkitystä. Linjauksen läheisyydessä sijaitsee muutamia luonnon uomia, pintavesiä ja yksi merkittäväksi luokiteltu pohjavesialue. Tiesuunnitelman esitteessä (2012, 1.1T) on mainittu hankkeen vaikuttavan vesistön laatuun haitallisesti pääosin hankkeen rakennusvaiheessa. Hankkeen valmistuttua vesistöä pilaavat vaikutukset ovat seurausta liikenneonnettomuuksista ja liukkaudentorjunnasta. Pohjavesiin hankkeella ei ole vaikutusta. Maaperä- ja kallio-olosuhteet vaikuttavat kiintoaineshuuhtouman määrään, etenkin rakennusvaiheessa. Tiesuunnitelman täyden-

nyksen (2012, TT1.1, 7) mukaan tielinjaus halkoo moreenimuodostumia ja kallioharjanteita, lisäksi suunnittelualueella sijaitsee 10 metrin paksuinen turve- ja savikerrostuma sekä 2–3 metriä paksuja savi-/silttikerrostumia.

Rakentamisen aikana ja muutamia vuosia tien valmistumisen jälkeen kiintoainekuormitus on suurimmillaan. Luiskat ovat herkkiä eroosiolle, koska nurmetus ei ole vielä ehtinyt kiinnittymään alustaansa. Lisäksi rakentamisen aikaiset maansiirtotyöt lisäävät kiintoaineshuuhtoumaa. Tiesuunnitelman täydennyksessä on eritelty päämassamäärät. Tien linjausta suunniteltaessa on tavoiteltu massatasapainoa. Suunnitelma sisältää 1 088 000 m³tr kallioleikkauksia, joista saatavaa louhetta käytetään tien louhelaatikkorakenteissa. Huuhtijärven kallioalueelle perustetaan kallion ottoalue, mistä kiviainekset saadaan murskeisiin ja päällysteisiin. Lisäksi päällysteissä pyritään mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään purettavien teiden päällysteitä. Hankkeen ulkopuolelta joudutaan hankkimaan vain salaojasorat, kaapeleiden täyttöhiekat ja SMA-päällysteen kiviaines. Massanvaihdon kokonaismääräksi on arvioitu 310 000 m³tr. Hankkeeseen tehdään Kemmeensuon kohdalla sijaitsevalle eritasoliittymälle massanvaihto pengertämällä kahden rampin osalta. Erityisesti välittömiä vesistöön kohdistuvia vaikutuksia tulee olemaan Ahvenlammen vesistöpenkereen rakentamisella. Rakenteisiin ja istutusalueisiin sopimattomat massat läjitetään ja läjitysalueita on osoitettu useampia tien läheisyydestä. Läjitysalueiden kuivatusjärjestelyt on suunniteltu ja alueet tullaan palauttamaan hanketta edeltävään käyttönsä esimerkiksi metsittämällä. Läjitysalueilla olisi hyvä kiinnittää huomiota massojen pysyvyyteen ja estää kiintoainesten huuhtoutuminen sateiden mukana. Hankkeen toteutussuunnitelmassa tulee suunnitella läjitysalueiden maastonmuotoilut ja istutukset yksityiskohtaisesti. (Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT1.1 2012, 15–18; TT1.2 2012, 6–7; 1.2T 2012, 13–22, 27, 33–35.)

Pohjatutkimuksien yhteydessä suunnittelualueella havaittu rikkipitoinen kallio ei sovellu käytettäväksi kohteisiin, joissa se joutuu tekemisiin hapekkaan sadeveden kanssa. Rikkipitoista kiviainesta voidaan sijoittaa pehmeikköjen massanvaihtojen täyttöihin, jolloin kiviaines sijaitsee veden kyllästävässä vähähappisessa tilassa. Tierakenteeseen tai meluvalleihin rikkipitoista kiviainesta voidaan sijoittaa, mikäli varmistetaan, ettei kiviaines tule olemaan kosketuksissa hapekkaan veden kanssa. Esi-merkkirakenne suojauksesta bitumikermillä ja moreeniverhouksella sekä riittävillä luiskan kaltevuuksilla on esitetty kuvassa 17. Lisäksi alueella on havaittu olevan pilaantuneita maita vanhan kyläkauppakiinteistön pihapiirissä yhteensä noin 90 m³. Rakentamisen aikana vesistöjen pilaantumisriskiä lisää poikkeukselliset liikennejärjestelyt sekä työmaalla liikkuvat koneet, joiden käytön tai huollon yhteydessä voi sat-

tua onnettomuuksia, joiden seurauksesta ympäristöön ja vesistöön pääsee haitallisia aineita. Rakennustöitä koskeva turvallisuusasiakirja ja -suunnitelmat laaditaan lisäämään työmaan turvallisuutta ja vähentämään onnettomuuksia. Tiesuunnitelman täydennykseen sisältyvässä turvallisuusasiakirjassa on määritelty tilaajan ja urakoitsijan vastuita ja velvollisuuksia. Urakoitsijan tulee huolehtia, että käytettävä kalusto on käyttökunnossa ja työmaalla on turvallista työskennellä. Tilaajalla on oikeus osoittaa urakoitsijalle sanktioita, mikäli turvallisuussuunnitelmissa asetetut ehdot eivät toteudu työmaalla. (Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT1.1 2012, 15–18; TT1.2 2012, 6–7; Tiesuunnitelma 2012, 1.2T 2012, 13–22, 27, 33–35.)



KUVA 17. Rikkipitoinen louheen sijoittaminen tierakenteeseen siten, ettei louhe ole hapekkaiden kosketuksissa hulevesien kanssa. (Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT3-46.)

Massanvaihdolla tulee olemaan vaikutuksia vesistön kuormitukseen, sillä työvaiheiden aikana hienoainespitoinen maa häiriintyy ja kiintoaineshuuhtoumat voivat olla merkittäviä. Massanvaihto kaivamalla aiheuttaa todennäköisesti enemmän kiintoaineshuuhtoumaa kuin pengertämällä tehty. Pohjanvahvistusmenetelmien vaikutuksilla kiintoainekuormitukseen on eroja. Pohjanvahvistusmenetelmäksi olisi voinut harkita ympäristöä lievemmin kuormittavan menetelmän, kuten syvästabiloinnin. Koska osa hankkeessa käytettävästä kiviaineksesta saadaan hankkeen sisältä, työmaalla itsellään on vastuu ja mahdollisuus vaikuttaa hulevesien hallintaan maansiirtojen aikana. Hankkeen toteutussuunnitelman laadinnan yhteydessä olisi hyvä tarkastella läjitysalueilta muodostuvaa kiintoaineshuuhtoumaa ja määritellä toimenpiteet vesistöjen kuormituksen minimoimiseksi. Jatkosuunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota erityisesti hulevesien käsittelyrakenteisiin ja kiintoaineshuuhtouman estämiseen Huuhtijärven kallionottoalueella, massanvaihtokohteissa, leikkauksissa ja Ahvenlampea pengerrettäessä. Läjityksen jälkeen maaperän sitominen kasvillisuudella tulisi tehdä mahdollisimman pian ja alueiden pinnat tulisi muotoilla luonnonmukaisesti. Rikkipitoinen kallion ja pilaantuneiden maiden käsittelyssä ja sijoittamisessa

tulee olla erityisen tarkka. Haitallisten aineiden kulkeutuminen vesistöihin sadevesiin liukenemalla tai huuhtoutumalla kiintoainekseen sitoutuneena tulee estää.

Tien valmistuttua vesistöön kohdistuvat vaikutukset ovat pääosin seurausta liukkaudentorjunnasta tai liikenneonnettomuuksista. Valtatiellä 5 kuljetetaan paljon vaarallisia aineita ja tiesuunnitelman mukaan viimeisin ympäristövahinkoon johtava onnettomuus sattui Paukarlahdessa vuonna 2011, jolloin henkilöauto ajautui öljylastissa olleen rekan alle. Liikenneonnettomuuksien tulisi vähetä entiseen tilanteeseen verrattuna hankkeen myötä. Liikenneturvallisuutta parantavat kaksiajoratainen poikkeileikkaus ja keskikaide, jotka vähentävät kohtaamisonnettomuuksia ja vakavia ohi-tusonnettomuuksia. Riista-aidat vähentävät hirvikolareita ja eläimistä aiheutuvia tieltä suistumisia. Kääntymis-, risteämis- ja peräänajo-onnettomuuden vähenevät paikallisen liikenteen siirtyessä rinnakkaisväylälle, joille yhteys muodostetaan eritasoliittymien. Päästöistä johtuvan ilmansaasteiden laskeuman ei ole todettu aiheuttavan merkittävää riskiä. (Tiesuunnitelma 2012 1.1T; 1.2T, 5, 23.)

Tiesuunnitelman täydennyksen alustavan työselityksen (2012, 16) mukaan AB ja SMA päällysteet on suunniteltu toteutettavaksi yhtä aikaa, jolloin AB ei kohdistu nastarengaskulutukselle. SMA on kulutusta hyvin kestävä, jolloin päällysteestä peräisin olevien hiukkasten kulkeutuminen hulevesien mukana on vähäistä. Suunnittelun yhteydessä olisi ollut hyvä selvittää vesistön laatuun kohdistuvien laadullisten haittojen torjunta- ja lieventämiskeinoja tarkemmin. Tarkempien menettelyjen määrittämiseen on vielä mahdollisuus toteuttamisvaiheen suunnitelmia laadittaessa. Ainoa keino vähentää liukkaudentorjunnasta aiheutuvia haittoja on siirtyä ympäristöystävällisempiin kemikaaleihin. Suolan levitysmenetelmät ovat kehittyneet vuosien aikana, kuten myös levitettävän suolan määrä. Eri mahdollisuuksia liukkaudentorjumiseksi tulisi tutkia ja kehittää.

7.2.5 Pinta- ja pohjavedet

Alueella sijaitsee järviä ja lampia, kuten Huuhtijärvi, Yläkoirus, Kivilampi ja Ahvenlampi sekä jokia ja puroja, kuten Humalajoki, Pyöreisenpuro, Ahvenjoki ja Mertajoki–Oravijoki. Kuvassa 18 on Mertajoki. Luontoselvityksien yhteydessä on tutkittu hankkeen läheisyydessä olevien pienvesien ja lähteiden merkittävyyttä. Alueelta löytyi viisi erittäin merkittävää, neljä merkittävää ja kolme kohtalaisen merkittävää kohdetta. Erittäin merkittäviä kohteita olivat muun muassa Löydönlampi, Mertajoki–Oravijoki, tien länsipuolinen osuus Humalajoesta, Pyöreisenpuro sekä alueella sijaitseva yksittäinen lähde. Lisäksi tielinjauksen länsipuolella sijaitsee Vuorisenmäen I-luokan poh-

javesialue. Pohjavesialueella sijaitsee varavedenottamona toimiva pohjavedenotamo. (Tiesuunnitelma 2012; 1.2T, 13; 16T-2-1, 28–30.)



KUVA 18. Mertajoki keväällä 2012 (Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT20-1)

Maastokartan perusteella pintaveden valunta näyttäisi tapahtuvan pääosin tielinjauksen länsipuolelta itäpuolelle lounas–kaakko suuntaisesti pitkin ojia ja uomia kohti Kallavettä. Uuden moottoritien vaikutukset kohdistuvat siten pääosin linjauksen itäpuolisiin vesialueisiin. Hankkeen ympäristöselvitysten yhteydessä olisi tärkeää huomioida pienvesistöjen mahdollisesta pilaantumisesta aiheutuvat seuraukset sekä tarkastella suurempien vastaanottavien vesistöjen tilaa, niihin kohdistuvia ympäristörasitteita ja perehtyä paikallisen vesienhoitoalueen eli Vuoksen vesistön vesienhoitosuunnitelmaan.

Vaikka tiealueen läheisyydessä sijaitsee pohjavesialue, ei hankkeella ole todettu olevan vaikutuksia pohjaveden laatuun (Tiesuunnitelma 2012, 1.2T, 33). Vuorisenniemen pohjavesialue sijaitsee Paukarlahdella ja alueen raja on noin 700 metrin etäisyydellä uudesta tielinjasta länteen päin (Poikela 2013). Alueella ei ole tutkittu pohjaveden virtausolosuhteita, koska on todettu, ettei siihen ole tarvetta (Poikela 2013). Pohjavedet voivat kerääntyä pohjavesialueille hyvinkin laajoilta alueilta, jolloin esimerkiksi tiesuolan kulkeutumisriski pohjavesialueelle on olemassa. Lisäksi liikenteen aiheut-

tama ilmansaastelaskeuma saattaa pilata pohjavesialueita, vesiliukoisten haitta-aineiden imeytyessä maaperään.

Luontoselvityksen osatyönä tehdyn saukkoselvityksen mukaan alueen saukkokanta näyttää olevan vahva. Pienistä virtavesistä johtuen saukot joutuvat talvella liikkumaan laajasti, useilla vesireitillä ja vaihtamaan saalistusalueitaan maavaelluksin tai pikkuoja seuraillen. Selvityksen mukaan alueen kaikki pienetkin purot ovat jonkun saukkoköylän käytössä. Lähtökohtaisesti saukkoja koskeva selvitys tarkasteli lajin selviytymismahdollisuuksia liikennekuolleisuusriskin suhteen. Saukon liikkumismahdollisuudet on huomioitu hankkeen yhteydessä suunnitteleamalla jätkänpolut Mertajoen ja Pyöreisenpuron vesistösiltoihin. Luontoselvityksen yhteydessä on myös tehty osatyönä linnustoselvitys. Linnustoselvityksessä arvokkaiksi alueiksi määriteltiin Ahvenlammen pohjoispuoli, Simolankankaan korpikosteikko, Alasuon peltoaukea sekä Suurisuo peltoaukea. (Tiesuunnitelma 2012, 1.1T, 16T-2-1, 8–11.)

Kasvavan liikennekuolemariskin lisäksi vesitalouden muuttumisella voi olla vaikutuksia saukon, linnuston ja muiden eläimien elinoloihin. Pintaveden laatu ja uomien virtausolosuhteet muuttuvat, kun hulevesiä johdetaan pintavesiin nykyistä tilannetta enemmän. Hulevesien mukana kulkeutuvat haitta-aineet aiheuttavat vesien rehevöitymistä, muutoksia kalakannassa ja muissa vesien eliöstöissä. Esimerkiksi kalakanan pienetessä, kalaa ravinnokseen käyttävät eläimet voivat joutua siirtymään alueelta ravinnon puutteen vuoksi muualle. Huomattavan vesistön pilaantumisriskin aiheuttaa tien linjaaminen linnuille merkittäväksi määritellyn Ahvenlammen päältä. Tie kulkee Ahvenlammen kohdalla korkealla penkereellä, jolloin etenkin hulevesien aiheuttamaan ja vedenlaatua heikentävään eroosioon tulee varautua. Luiskat olisi hyvä suunnitella korkeilla penkereillä porrastettavaksi, jotta hulevedet eivät aiheuttaisi pintavesieroosiota virtausmatkan lyhetessä ja virtauksen hidastuessa. Ahvenlammen kohdalla luiskiin on suunniteltu porrastus ja metsitystä. Linjauksen siirto osittain Ahvenlammen päälle on seurausta liito-oravien elinympäristön suojaamisesta. Liito-oraviin kohdistuva haitta on koettu vesistöön ja linnustoon kohdistuvaa haittaa merkittävämmäksi.

Suunnittelualueella ei maastokarttojen eikä paikkatietoaineiston mukaan sijaitse merkittäviä luonnontilaisia kosteikkoja, jotka voisivat toimia luonnonmukaisina vesien varastointialtaina kevättulvien ja rankkasateiden aikaan. Sen sijaan alueella on ojitettuja suo-, metsä- ja peltoalueita minne vedet tulvatilanteessa tulevat kertymään. Suunnittelualueen läheisyydessä on muutama asutuskeskittymä, mistä voidaan olettaa muodostuvat vähäisiä määriä hulevesiä. Tien kuivatuksen lisäksi ojitettujen maa-

alueiden ja asutuskeskuksien kuivatus- ja hulevedet lisäävät vesistön kuormitusta. Hulevesien käsittelyä voisi kehittää lisäämällä yhteistyötä eri tahojen kanssa keskitetyillä hulevesien hallintajärjestelmillä ja -rakenteilla. Yhteiset rakenteet vaatisivat maa-aluevarauksia nykyisen tiealueen ulkopuolelta. Lisäksi muun muassa kustannusten jaosta, kunnossapidosta ja maa-alueiden käytöstä tulisi laatia sopimukset tienpitäjän, maanomistajan ja muiden yhteistyötahojen kanssa.

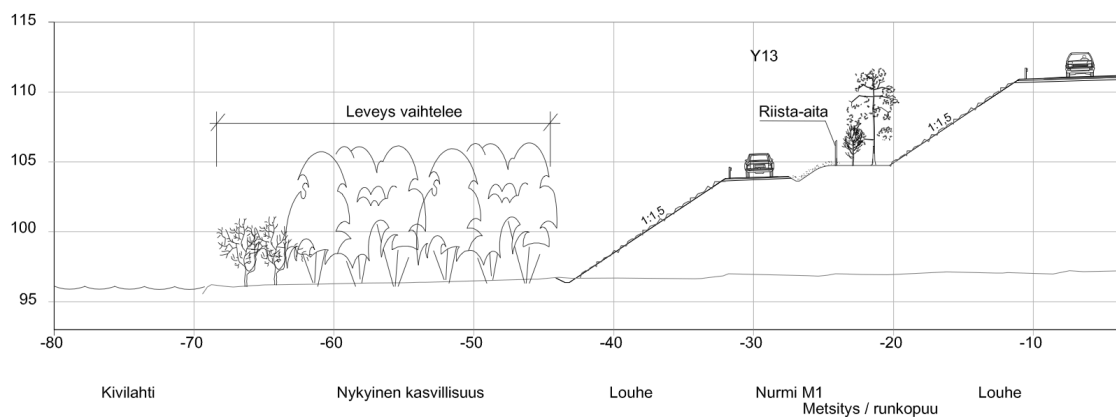
Oravikoskella sijaitsee yksi yleinen uimaranta. Uuden tielinjauksen rakentamisella saattaa olla vaikutuksia uimarannan vedenlaatuun, sillä ranta sijaitsee lahdenpoukassa johon myös tien alittava uoma Kaivantolammesta laskee. Suurimmillaan veden likaantumisriski on rakentamisaikana. Tien valmistuttua hulevesien aiheuttama rasite uimarannalle saattaa pienentyä, koska liikenne siirtyy uuden tielinjauksen vuoksi kauemmas uimarannasta. Virtaama-ajan pidentyessä haitta-ainesten pitoisuudet laskevat.

7.2.6 Laadullisen hallinnan toimenpiteet

Lähtökohtana laadulliseen hallintaan on hyvä soveltaa *treatment train* -lähestymistapaa, jonka mukaan ensisijaisesti pyritään vähentämään roskien, jätteen ja haitallisten aineiden päätymistä ympäristöön ja sitä kautta hulevesien mukana vesistöön. Ennaltaehkäisemällä voidaan vähentää vesistöjen kuormitusta, mutta kaikkia haitallisia aineita ei voida poistaa. Hankkeen yhteydessä, mielellään YVA:n yhteydessä, olisi ollut hyvä laatia hulevesien hallintasuunnitelma, jossa hulevesien käsittelyn tarve olisi määritetty. Tarpeen määrittäminen tulisi arvioida vastaanottavien vesistöjen herkkyyden ja kuormituksen perusteella. Suunnittelun yhteydessä tulisi selvittää vesistön kuormitus luonnonmukaisessa, rakentamisen aikaisessa ja hankkeen valmistumisen jälkeisessä tilanteessa. Kuormituksia voisi arvioida esimerkiksi typen, fosforin ja kiintoaineksen suhteen. Mikäli selvityksen perusteella havaittaisiin jonkin kuormittavan aineen suhteen merkittävää kasvua, tulisi hulevesien käsittelyrakenne toteuttaa kuormituksen vähentämiseksi. (Minnesota Stormwater Committee 2008; Pajula 19.2.2013.)

Tiesuunnitelmaa laadittaessa alueelle harkittiin kiintoainesta laskeuttavan altaan toteuttamista, mutta rakenteelle ei koettu tarvetta (Poikela 2013). Kiintoaineksen kulkeutuminen pyritään estämään eroosiosuojauksin ja rajoittamalla virtausnopeuksia riittävän loivilla kaltevuuksilla. Tiesuunnitelmassa on todettu kiintoainekuormituksen olevan suurimmillaan rakentamisen aikana sekä ensimmäisinä vuosina hankkeen valmistumisen jälkeen, koska nurmetukset eivät sido maa-aineksia. Rakennussuun-

nitelmissä tulisi vaatia ja esittää ratkaisuja rakentamisen aikaisen kiintoaineskuormituksen vähentämiseksi. Tiesuunnitelman täydennyssuunnitelman yhteydessä on pyritty vaikuttamaan hankkeen toteuttamiseen siten, että vesistön kuormitus olisi mahdollisimman vähäistä; esimerkiksi rikkipitoista kalliota tullaan sijoittamaan tierakenteeseen siten, ettei se ole kosketuksissa happamien sadevesien kanssa (Hätinen 30.1.2013). Tiesuunnitelman yhteydessä tieympäristöön on suunniteltu toteutettavaksi viherrakenteita ja puustoa. Istutuksilla tavoitellaan tieympäristön viihtyisyyttä ja ilmeikkyyttä. Alueelle tehdään metsitystä, istutetaan runkopuita ja kylvetään nurmetusta. Keskeisen sijaintinsa vuoksi etenkin eritasoliittymien kasvillisuuden merkitystä on korostettu. Lajivalinnoissa tullaan suosimaan alueelle ominaisia, kotimaisia sekä tieympäristössä menestyviä lajikkeita, kuten koivuja, mäntyjä ja lehtikuusia. Meluvallien luiskankaltevuuksiksi on määritetty 1:2–1:1,5 ja vallit on suunniteltu metsitettäväksi. Moottoritie kulkee Kivilahden kohdalla korkealla 15 metriä korkealla penkereellä, johon on suunniteltu porrastasanne ja metsitystä lieventämään maisemahaittaa. Periaatekuva kohteesta on esitetty kuvassa 19. Hankkeeseen on suunniteltu eroosiosuojaus päätien sivuosiin noin kilometrin pituudelle rinteeseen Humalamäen kohdalle. Tien kaltevuus on rinteessä 3 %. Lisäksi tiesuunnitelman täydennyksessä on todettu, että laskuojien ja siltapaikkojen läheisyyteen tulee tarvittaessa suunnitella eroosiosuojaus jatkosuunnittelun yhteydessä. (Hätinen 30.1.2013; Tiesuunnitelma 2012, 1.2T 22–26, Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT1.1, 18.)



KUVA 19. Kivilahden korkean penkereen porrastasanne ja metsitys lieventävät maisemahaittaa ja vähentävät pintavalunnan aiheuttamaa eroosiota. (Tiesuunnitelma 2012, 7.1T-4)

Kasvillisuus sitoo juuristollaan maan pintakerrosta estäen eroosiota. Kiintoaineen pidättyessä kasvillisuuteen, sillä on hulevesiä puhdistava vaikutus. Vesikasvillisuus puhdistaa hulevesistä ravinteita ja epäpuhtauksia bioprosessin avulla. Tiesuunnitelmassa olisi voitu korostaa kasvillisuuden merkitystä esteettisyyden lisäksi hulevesien käsittelymenetelmänä. Kasvillisuutta valitessa olisi hyvä valita lajikkeita, jotka toimivat

tehokkaina hulevesien puhdistajina. Kasvillisuuden merkityksen voi vielä nostaa esille jatkosuunnittelun yhteydessä ympäristösuunnitelmaa laadittaessa. Meluvallien rakennesuunnittelussa tulisi huomioida rakenteen pysyvyys, jottei pintavesieroosio aiheuttaisi kiintoaineshuuhtoumaa. Meluvalleihin olisi tarvittaessa hyvä muotoilla porrastuksia, käyttää riittävän karkeaa kiviainesta sekä sitoa maaperä kasvillisuuden avulla. Luiskien kaltevuuksien olisi hyvä olla mahdollisimman loivia käytettävän tilan rajoissa. Meluvalleihin läjitettävien maiden tulee olla joko kuivia savisia maita, moreenia tai soraa, jotta luiskien kaltevuuksina voidaan käyttää suunnitelmissa esitettyä 1:2–1:1,5 (Tielaitos 1997, 12). Kivilahden korkean penkereen porrastaminen ja metsittäminen vähentää meluvallien muotoilun ja metsittämisen lisäksi eroosiota ja kiintoaineshuuhtoumaa.

Hulevesien laadulliseen hallintaan on kehitetty erityyppisiä tilapäisiä rakenteita ja menetelmiä, joita tulisi ehdottomasti hyödyntää rakentamisen aikana ja tarvittaessa sen jälkeenkin. Teille, joilla keskimääräinen vuorokausiliikenne nousee yli 15 000 ajoneuvoon, on suositeltavaa rakentaa hulevesien käsittelyrakenne (Jokela 2008, 5). Tiesuunnitelmaselostuksen (2012, 5) mukaan keskimääräinen vuorokausiliikenne valtiatiellä 5 Oravikosken kohdalla tulee nousemaan 6 600 ajoneuvoon vuoteen 2030 mennessä, mikä on reilusti alle 15 000 ajoneuvon. Jatkosuunnittelun yhteydessä olisi hyvä tarkentaa hulevesien laadulliselle hallinnalle asetettuja vaatimuksia ja hallintaa varten toteutettavia rakenteita. Rakenteiden toteuttamiseksi tulisi etenkin kiinnittää huomiota rakentamisen aikaisen hulevesien hallinnan osalta. Mikäli vesistökuormitusselvityksien yhteydessä olisi todettu tai todetaan tarvetta pysyville hulevesien käsittelyrakenteille, voisi tiealueelle soveltua parhaiten viivytykseen perustuvat laskeutavat rakenteet.

Hulevedet johdetaan hankkeessa pääosin pintajärjestelmässä. Pintajärjestelmä voi toimia toisaalta toimia hulevesiä puhdistavana menetelmänä pidättäen haitta-aineita kasvillisuuteen, mutta toisaalta se voi lisätä kiintoainekuormitusta eroosion seurauksesta. Eroosion estämiseksi luiskien ja ojan pohjien suojaamiseen on hyvä kiinnittää huomiota. Paikallisten maanomistajien mukaan alueella Metsälä–Variskorpi–Alasuo on ilmennyt laskuojien perkaustarvetta lähes vuosittain (Tiesuunnitelma 2012, 1.2T, 22). Eroosiosuojauksen ja kiintoainetta poistavien rakenteiden tarve on entistään merkittävämpi alueella kuormituksen lisääntyessä. Myös muiden nykyisten laskuojien tilanteet tulisi tarkistaa.

Tarkasteltavaan hankkeeseen voisi viivyttämisen ja eroosiosuojauksen lisäksi soveltaa laadullisen hallinnan menetelmänä hulevesien suodattamista. Hulevesien imeyt-

täminen pohjavesiin ei ole suositeltavaa moottoritien läheisyydessä talvisuolauksen vuoksi. Imeyttäviä rakenteita olisi mahdollista sijoittaa suunnittelualueella kohteisiin, joissa liukkaudentorjunta tehdään hiekoittamalla. Viivyttämällä voidaan käsitellä suuria hulevesimääriä toisin kuin suodattamalla tai imeyttämällä. Suodatin- ja imeytysrakenteet voisivat soveltua pienien paikallisten alueiden, kuten eritasoliittymien hulevesien käsittelyyn. Viivyttävillä rakenteilla hulevesiä voisi käsitellä alueellisesti.

7.3 Rakenteet ja menetelmät

Hulevesien hallintarakenteiden valitseminen tulee tehdä määritellyn tarpeen mukaan. Tarve arvioidaan vertailemalla muutoksia vastaanottavan vesistön haitta-aineskuormituksessa ja muutoksia hulevesimäärissä. Tilanteita tarkastellaan luonnontilaisen, rakentamisen aikaisen ja hankkeen toteutumisen jälkeisellä hetkellä. Tarkasteltavassa hankkeessa hulevedet johdetaan pääosin pintajärjestelmässä. Hankkeeseen ei ole suunniteltu muita hulevesien hallintarakenteita kuin eroosiosuojauksia ja saostusallas, jota ei tulla toteuttamaan. Tässä osiossa on käsitellä esimerkkirakenteita, jotka voisivat mahdollisesti soveltua tarkasteltavaan hankkeeseen, mutta joille ei ole määritetty erikseen tarvetta.

7.3.1 Toimenpiteet rakenteiden suunnittelemiseksi

Toimenpiteiden tarpeen määrittäminen aloitetaan valuma-alueiden ja merkittävien uomien selvittämisestä. Uomat ja valuma-alueet olisi hyvä esittää kartalla. Valuma-alueiden koot tulisi määrittää ja valuma-alueille maaperäolosuhteiden mukaiset valumakertoimet. Karttoihin olisi hyvä merkitä erilaiset pintavaluntaominaisuudet omaavat alueet, kuten päällystetyt pinnat, pellot, metsät, pienvedet, ojitetut suot, jotta valumakertoimen määrittäminen olisi helpompaa. Valumakerroin on hyvä määrittää painotettuna keskiarvona. Mitoitusvesimäärän tai mitoitusvirtaaman laskemiseen olisi hyvä käyttää paikallisia ja ilmastonmuutoksen huomioivia sadantoja mikäli mahdollista. Jos lasketut mitoitusvesimäärät ja virtausnopeudet ovat suuria ja niissä havaitaan merkittävää kasvua nykyiseen tilanteeseen nähden, tulisi määrällisien hallintarakenteiden toteuttamista harkita. Aihetta rakenteiden toteuttamiseen voi myös aiheuttaa nykytilanne, jos siinä on havaittu puutteita määrällisen käsittelyn osalta. Laadullisen hallinnan tarve tulisi määritellä vastaanottavien vesistöjen kuormituksen suhteen valuma-aluelähtöisesti. Valuma-alueet tulisi määritellä kartoille ja maaperäolosuhteet erotella. Laskemalla kuormitukset esimerkiksi kiintoainekselle, typelle ja fosforille voitaisiin selvittää onko alueelle tarvetta toteuttaa hulevesien käsittelyrakenteita. Kuormitusta tulisi vertailla luonnonmukaisen, rakentamisen aikaisen sekä valmiin hankkeen aikai-

silla kuormituksilla. Mikäli rakenteille havaitaan tarve, tulee niille valita sopiva sijoituspaikka. (Pajula 19.2.2013.)

Sijoituspaikka tulee valita siten, ettei rakenteen toteuttaminen aiheuta suurta kuormitusta vesistöön. Esimerkiksi kaivutyöt voidaan minimoida sijoittamalla rakenne olemassa olevaan maastopainanteeseen. Rakenteiden alustava sijoittaminen voidaan tehdä maastokarttojen perusteella, mutta paikkojen soveltuvuus olisi hyvä käydä tarkastamassa maastokäynnein. Sijoituspaikasta tulisi selvittää maaperätiedot, kuten maalajit ja niiden kerrostuneisuus sekä pohjavesipinnan sijainti. Rakenne mitoitetaan sille määritetyn mitoitusvesimäärän perusteella. Suunnittelun yhteydessä rakenteelle olisi hyvä määritellä vaadittu kunnossapidon taso sekä ohjeet rakenteen ja kasvillisuuden hoitoon. Suunnitelmiin olisi hyvä sisällyttää yleiskartan kaltainen kuivatuskartta, jossa esitettäisiin muun muassa kuivatusjärjestelyt, valuma-alueet, luonnon uomat, pienvedet, lähteet, laskuojat, sivu- ja niskaojat, virtaussuunnat, rummut, sillat, putkijärjestelmät, pumppaamot, hulevesien käsittelyrakenteet, purkupaikat, uimaranat, pohjavesialueet ja muut hulevesien hallintaan liittyvät seikat. Lisäksi rakennussuunnittelun yhteydessä hulevesien käsittelyrakenteiden rakennekohtaisissa piirustuksissa olisi hyvä esittää tiedot pohjaveden korkeuksista, maaperätiedoista, hulevesien virtaamista, istutettavasta kasvillisuudesta, eroosiosuojauksesta, mitoista, käytettävistä kiviainesmateriaaleista, suodatinkankaista ja muista rakenteen toimivuuden kannalta tärkeistä asioista.

7.3.2 Hulevesien johtaminen

Avouomat on mitoitettu olemassa olevien uomien mittojen mukaisesti. Luiskan kaltevuudet on määritelty InfraRYL:n mukaisesti ja ne vaihtelevat pohjamaasta, luiskamateriaalista ja rakenteesta riippuen. Maanomistajien mukaan ainakin Metsälä–Variskorpi–Alasuo -alueella on havaittu vuosittain tarvetta laskuojien perkaamiselle. Asia on ratkaistu tiesuunnitelmassa suunnittelemalla päätien sivuojiin pienlouheesta eroosiosuojaus. Suunnitelma sisältää kolmisenkymmentä rakennettavaa laskuojaa, joista pisin on maantiestä M2 erkaantuva laskuoja 1. Laskuoja 1 on 1400 metriä pitkä, muiden laskuojien ollen pisimmillään vain muutamia satoja metrejä. Laskuojien pystygeometria on suunniteltu muotoilemaan maaston muotoja ja pääosin kaltevuudet ovat maltillisia. Laskuojien vaakageometrian suunnittelussa olisi voitu tavoitella enemmän luonnonmukaista mutkikkuutta. Laskuojien linjaamista rajoittaa ympäröivä maankäyttö. Laskuojat purkautuvat sekä vesistöön että maastoon. Tietä ympäröivä maasto, meluvallit ja läjityspaikat olisi hyvä muotoilla mahdollisimman loivapiirteisiksi. Alaviin kohtiin ja laaksoihin on suunniteltu avointa kasvillisuutta, luonnonnurmea ja

niittymäistä kasvillisuutta. Olemassa olevat metsäjaksot tullaan metsittämään kotimaisilla, alueelle ominaisilla puulajeilla. Eritasoliittymiä korostetaan liikenteen solmu-kohtina istuttamalla runkopuita ryhminä ja puuriveinä. (Tiesuunnitelma 2012, 1.2T, 22, 24; Pohjois-Savon ympäristökeskus 2009, Lausunto; Poikela 2013.)

Laskuojien perkaustarpeelle voi olla useita syitä eikä eroosiosuojaus välttämättä poista ongelmaa. Koska laskuojien tukkeutuminen on koettu ongelmaksi, tulisi tukkeutumisen syy selvittää ja tehdä tarvittavat toimenpiteet. Mikäli tukkeuman syynä on uoman pohjaan tai rannoille kohdistuva eroosio, tulisi virtausnopeuksia laskuojassa hidastaa tai luiskia loiventaa ja sitoa niitä esimerkiksi kasvillisuuden tai eroosiosuojauksen avulla. Uoman virtausnopeutta voi hidastaa muovaamalla uoman pysty- ja vaakageometriaa vaihtelevammaksi tai rakentamalla uomaan esimerkiksi tulvahuippuja viivyttäviä rakenteita, kuten lammikkoja tai kosteikkoja. Mikäli uoman tukkiva kiintoaines on peräisin tien luiskista ja sivu- tai niskaojista asti, tulisi näiden rakenteiden eroosiosuojaukseen ja pituuskaltevuuksiin kiinnittää huomiota. Mikäli laskuojan tukkeutuminen johtuu kasvillisuuden rehevöitymisestä laskuojassa voi taustalla vaikuttaa virtausvesien lämpeneminen sekä ravinteiden ja torjunta-aineiden, kuten typen ja fosforin aiheuttama kuormitus. Hulevesiä puhdistavan ja viivyttävän kasvillisuuden valinnalla ja hapettoman tilan muodostamisella hulevesienkäsittelyrakenteeseen voidaan poistaa tyypeä ja ravinteita hulevesistä. Ravinteet ja torjunta-aineet voivat olla peräisin maa- tai metsätaloudesta. Virtaamien lisääntyminen nykyisissä avouomissa olisi hyvä selvittää.

Suunnitelmissa on korostettu kasvillisuuden merkitystä enemmänkin viihtyvyyden lisääjänä ja tien ympäristöönsä sovittajana. Jatkosuunnittelun yhteydessä istutettavaa kasvillisuutta olisi hyvä tarkentaa ja sen merkitystä osana hulevesien hallintaa korostaa. Laskuojien varsille voisi istuttaa puustoa, pensaita ja pajukkoa sekä ranta- ja vesikasvillisuutta estämään eroosiota ja saattamaan uomaa luonnonmukaiseen tilaan. Kasvillisuus muodostaisi suojavyöhykkeen, jonka kasvilajit olisivat esimerkiksi monivuotisia ja tiheäjuurisia heiniä; tervaleppää, jonka juuristo estää tehokkaasti uomaeroosiota; pensaksi pajuja, jotka kestävät hyvin voimakasta virtausta, tulvavettä sekä jäälauttoja (Jormola ym. 2003, 37). Lisäksi moottoritien luiskien kasvillisuuteen tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Kasvilajikkeiden valinnassa tulee huomioida niiden vaatimat hoitotoimenpiteet sekä soveltuvuus tiealueelle.

Tiesuunnitelman täydennyksen yhteydessä valtatielle 5 ja sen eritasoliittymiin on suunniteltu kolmisenkymmentä rumpua, joista osa on mitoitettu laskelmin ja osa kokemusperäisesti. Rummuille on määritetty tarkat sijainnit, kaltevuudet, nimellismitat

sekä pituudet. Hankkeeseen sisältyy 17 siltapaikkaa, joista uusia siltoja on 15 ja nykyisistä parannettavia siltoja kaksi. Siltapaikoista viidelle on suunniteltu hulevesiviemärintä kuivatusta varten. Tarkasteltavassa hankkeessa on useita pitkiä kallioleikkauksia, joihin on suunniteltu yhdistetyt salaoja-hulevesiviemärit. Tiesuunnittelun täydennysvaiheessa ei ole vielä laadittu kaivokortteja viemäriinjan tarkastuskaivoista. Suunnittelualueelle toteutetaan yksi pumppaamo, joka sijoitetaan Metsälän risteyssillan kohdalle. Pumppaamo liitetään kaukovalvontaan. Olemassa olevia hulevesien johtamiseen tarkoitettuja rakenteita sijaitsee Oravikoskella ja valtatiellä 5 Humalajoen kohdalla, missä suunniteltava tie liittyy nykyiseen tiehen. Yhdistetty salaoja-hulevesiverkosto liitetään nykyiseen verkostoon Humalajoen kohdalla. Nykyisiä rakenteita on myös pyritty hyödyntämään korjaamalla olemassa olevia siltoja uusien rakentamisen sijaan. (Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT1.1, 22.)

Tierakenteena suunnitelmassa on käytetty pääosin louhelaatikkoa, jolloin sivuoijen rakentaminen on välttämätöntä. Sivuoijat on suunniteltu uuden linjauksen molemmiin puolin lähes tulkoon koko linjauksen pituudelta. Pengerrakenteista hulevedet voitaisiin johtaa suoraan maastoon lähelle syntypaikkaansa. Tarkasteltavassa hankkeessa ympäröivä maankäyttö, kuten pellot ja viljelymaat ovat rajoittaneet hulevesien johtamista maastoon. Korkeilla pengerosuuksilla sivuoijat on esitetty rakennettavaksi hiekan sivuluiskan alareunasta etäämmälle, jolloin hulevesien mukana huuhtoutuva kiintoaines, roskat ja epäpuhtaudet laskeutuisi muodostuvalle tasanteelle ja oijen tukkeutuminen olisi vähäisempää. Jatkosuunnitteluvaiheessa oijen syvyydet olisi hyvä suunnitella siten, että niihin tulee lisättäisiin tarvittaessa liettymisvara. Etenkin peltojen kohdilla sekä alavissa laaksomaisissa kohdissa voi syvempien oijen rakentaminen olla aiheellista. Rumpujen, hulevesiviemäreiden, pumppaamojen ja muiden mitoitettujen rakenteiden toimivuutta olisi voinut tarkastella suuremmilla mitoitusvesimäärillä, vaikka rakenteiden kapasiteetit tulevatkin todennäköisesti riittämään. Hankkeeseen suunniteltuja yhdistettyjä salaoja-hulevesiviemäreitä ei voi korvata suoto-ojilla, koska leikkaukset tulevat olemaan niin pitkiä. Suunnitelmissa ei ole mainittu, että kasvillisuudella olisi merkitystä osana hulevesien hallintaa.

7.3.3 Hankkeeseen soveltuvat rakenteet

Pohjois-Savon ympäristökeskuksen antamassa yleissuunnitelmaa koskevassa lausunnossa (2009, 3) on mainittu, että hankkeen vaikutukset ympäröivään vesitalouteen tulisi arvioida tarkemmin ja mahdollisten laskeutusaltaiden tarve selvittää. Vastineeksi Pohjois-Savon ELY-keskus on todennut Liikenneviraston laatiman yleissuunnitelman hyväksymispäätöksen mukaan (2010, 10), että laskeutusaltaiden sijoittelu ja

mitoitus tullaan tekemään tie- ja rakennussuunnitteluvaiheessa. Tiesuunnitelmassa ei ole osoitettu paikkaa laskeutusaltaille eikä laskeutusaltaista ole mainintaa tiesuunnitelmaselostuksessa. Tiesuunnitelman laatimisen aikana rakenteen toteuttamisesta luovuttiin kokonaistaloudellisista syistä (Lappalainen 27.2.2013).

Laskeuttavan ja viivyttävän rakenteen voisi toteuttaa kosteikkona tai lammikkona jonkin suunnitellun tai olemassa olevan laskuojan yhteyteen. Yhden suuren alueellisen rakenteen sijaan suurilla valuma-alueilla voisi suosia useampia paikallisia rakenteita. Tulvatilanteissa ei ole tarkoituksenmukaista käsitellä kaikkia hulevesiä vaan niiden hallittu johtaminen on ensisijainen tavoite. Mikäli rakenteen viivytystilavuus ei olisi riittävä varastoimaan kaikkia siihen johdettavia hulevesiä, ne tulisi johtaa suunniteltua tulvareittiä pitkin hallitusti rakenteen ohi. Laskeuttava rakenne olisi hyvä sijoittaa luonnostaan matalaan painanteeseen, kuitenkin siten, ettei vedenvirtaus esty rakenteen vuoksi täysin. Sopivaa sijaintia rakenteelle ei voi määrittää tietämättä sen todellista tarvetta ja tuntematta alueen maaperäolosuhteita ja veden virtausolosuhteita. Viivyttävän rakenteen mitoittamista varten tulisi selvittää sen käsittelemät mitoitusvesimäärät. Kasvillisuutta suunniteltaessa tulisi tavoitella monipuolisuutta, jolloin rakenteen puhdistusteho paranisi. Kasvillisuuden merkitys kosteikoissa on suurempi kuin sen merkitys lammikoissa. Kasvillisuuden ollessa osa rakennetta suunnittelijalla tulee olla riittävästi ammattitaitoa ja tietoa ympäristörakentamisesta. Suunnitelmat kasvillisuudesta on hyvä esittää rakennepiirustuksissa.

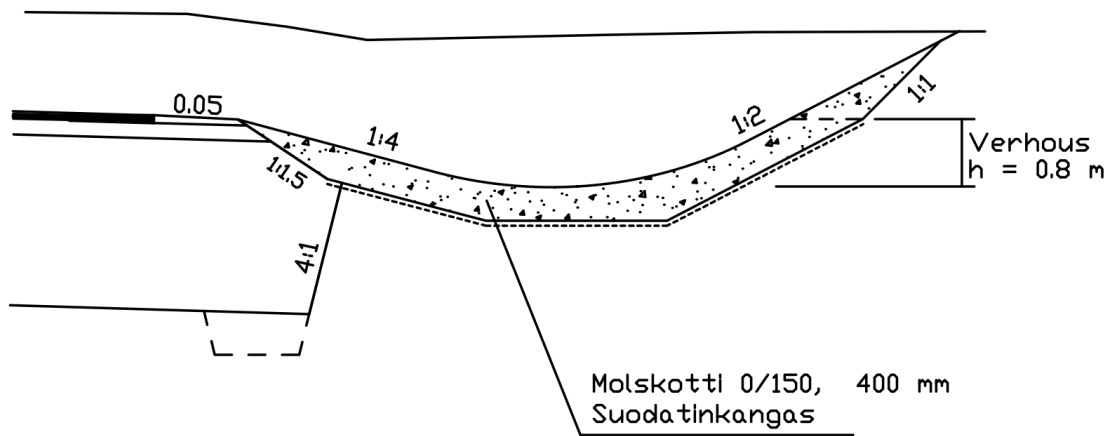
Mikäli viivyttävänä rakenteena käytettäisiin kosteikkoa, sen voisi rakentaa ojitetulle suoalueelle tukkimalla ojan. Suoalueen soveltuvuutta rakenteen sijoituskohteeksi tulisi tarkastella maaperän ravinteikkuuden suhteen. Jos maaperän todetaan olevan hyvin ravinteikasta saattaa rakenne vain lisätä vastaanottavan vesistön kuormitusta. Rakenteen voisi myös toteuttaa suo- tai peltoalueen jälkeen, jolloin myös pellon tai suon kuivatusvedet johdettaisiin rakenteeseen pintavaluntana ja rakenne käsitelisi ne hulevesien lisäksi. Alueella on muutamia ojitettuja suoalueita. Ainakin Kemmeen suon poikki johdetaan laskuojassa rakennettavan tien hulevesiä. Sijainnin osoittamista rakenteelle ei voi tehdä vain maastokartan perusteella vaan se vaatii maastokäyntejä ja pohjatutkimuksia.

Koska hiekkasuodatin ja öljynerotin eivät kykene käsittelemään suuria määriä hulevesiä, ne toimivat paremmin paikallisena puhdistusmenetelmänä. Suodattava rakenne soveltuu erittäin herkkien kohteiden suojelemiseen tai hulevesiä likaaviin riskikohteisiin, kuten polttoaineenjakeilupisteisiin, autopesuloihin tai rautatien lastausalueille. Hankkeeseen on suunniteltu raskaan liikenteen valvontapisteet Humalamäen

eritasoliittymän kohdalle molemmin puolin tietä. Riski pintavesien pilaantumisesta valvontalevikkeiden kohdalla tulisi arvioida ja tarvittaessa alueelle voisi suunnitella öljynsuodattimet. Valvontapisteiden hulevedet on suunniteltu johdettavaksi käsittelemättä sivuojiin ja ympäröivään maastoon käsittelemättä. Levikkeille suunniteltu päällystetty pinta-ala ei ole suuri eikä valvontapisteiden suuntaan johdeta suuria määriä hulevesiä, jolloin suodattava rakenne kykenisi käsittelemään alueen hulevedet. Tarkasteltavaan hankkeeseen ei sisälly muita merkittäviä riskikohteita, mihinkä suodattavan rakenteen toteuttamista voisi harkita.

Imeyttävillä rakenteilla ei tulisi käsitellä päätien hulevesiä runsaan suolauksen vuoksi. Imeyttävät rakenteet soveltuvat paremmin hulevesien paikalliseen hallintaan maan rajallisen imeyttämiskyvyn vuoksi. Mikäli hankkeeseen sisältyvät saattopysäkit olisi suunniteltu asfaltoiduiksi ja viemäröidyiksi voisi alueille sijoittaa imeyttäviä rakenteita, kuten imeytyspainanteita. Paikoitusalueet ovat pieniä ja imeytyspainanteen kapasiteetti riittäisi todennäköisesti alueen kuivattamiseen. Imeyttävän rakenteen mitoitus ja sijoittaminen tulisi tarkastaa laskelmin. Rakenteena voisi soveltaa luonnonmukaista imeytyspainannetta, jonka kasvillisuus lisäisi rakenteen puhdistustehoa. Rakenne toimisi myös maisemaelementtinä lisäten viihtyvyyttä alueelle. Liikenne saattopysäkkien läheisyydessä on hidasta, jolloin rakenteiden esteettisyyden merkitys lisääntyy. Saattopysäkkejä suunnitelmaan sisältyy kolme ja ne sijaitsevat eritasoliittymien läheisyydessä. Saattopysäkin toteutetaan murskepintaisena ja kuivatetaan johtamalla hulevedet pintavaluntana saattopysäkkiä ympäröivään maastoon, jolloin imeytyspainanteille ei ole tarvetta.

Rakentamisen aikana tulee erityisesti kiinnittää huomiota eroosiosuojaukseen, koska kiintoaineskuormitus tulee olemaan suurimmillaan. Luiskat tulisi muotoilla loiviksi ja ne tulisi sitoa mahdollisimman pian muotoilun jälkeen. Hankkeeseen on suunniteltu eroosiosuojauksia sivuojiin Humalamäen kohdalle, laskuojiin sekä siltapaikoille estämään virtauseroosiota (Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT1.1, 18). Eroosiosuojaus toteutetaan Humalamäen kohdalle 400 millimetriä paksulla 0/150 molskottiverhouksella ja sen alapuolelle asetettavalla suodatinkankaalla (Tiesuunnitelman täydennys TT3.42). Rakenne on esitetty kuvassa 20. Laskuojissa eroosiosuojaurakenteeksi on esitetty suodatinkangasta ja 400–500 millimetriin paksua raekooltaan 0/200 pienlouheverhous. Laskuojien luiskankaltevuudet vaihtelevat 1:2–1:1,5. Kuvassa 14 on esitetty laskuojiin rakennettava eroosiosuojaus. Hulevesien määrää hallitsevien rakenteiden toteuttaminen vähentäisi eroosiota virtausnopeuksien hillitsemisen myötä.



KUVA 20. Sivuojiin rakennettava molskottiverhous estää virtauseroosiota. (Tiesuunnitelman täydennys 2012, TT3-42.)

Meluvallien metsittäminen vähentää rakenteiden eroosiota, viihtyisyyden lisäämisen ja melua vaimentavan vaikutuksensa lisäksi. Suunnitelmissa esitettyihin eroosiosuojarakenteisiin ei ole osoitettu istutettavaa kasvillisuutta. Kasvillisuudella on pysyvyyttä lisäävä ja virtausolosuhteita monipuolistava vaikutus, joten jatkosuunnittelussa eroosiosuojarakenteisiin voitaisiin osoittaa istutuksia, vähintään nurmetusta. Laskuojien kasvillisuuden merkitystä on käsitelty tarkemmin edellisessä kappaleessa 7.3.2. Eroosiosuojausta voisi lisätä myös korkeille penkereille ja syviin maaleikkauksiin. Eroosiosuojauksen lisäksi luiskiin voisi istuttaa kasvillisuutta ja luiskia voisi porrastaa. Kasvillisuuden kiinnittymisen jyrkkään luiskaan rakennusvaiheessa voi varmistaa geotekstiilien avulla. Geotekstiilit nopeuttavat kasvillisuuden kasvuun lähtöä ja estävät eroosiota, lisäksi ne ovat luonnonmateriaaleista valmistettuja ja maatuivia. Valmiita kasvillisuusmattoja ei ole järkevää sijoittaa luiskiin kustannussyistä, mutta niitä voitaisiin harkita asennettaviksi hulevesien hallintarakenteisiin. Rakenteiden täysi toimintakyky saavutetaan kasvillisuusmattojen myötä nopeasti. Rakenteet ovat lisäksi pienipinta-alaisia, jolloin kasvillisuusmattojen tarve ei ole ylivoimaisen suuri.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua hulevesien hallintaan, selvittää hulevesien hallinnan merkitys tiensuunnittelussa sekä tarkastella ja arvioida hulevesien hallinnan toteutumista viitehankkeessa: ”Valtatie 5 osuuden Leppävirta–Kuopio kehittäminen välillä Palokangas–Humalajoki”. Asetettujen tavoitteiden lisäksi laadittiin hulevesien hallintaa tukeva prosessikuvaus sekä verrattiin tehtyä työtä Liikenneviraston uudistamaan kuivatusohjeeseen. Kirjallisuustutkimuksessa käytettiin osittain lähdeaineistona teoksia, jotka käsittelevät taajamien hulevesien hallintaa. Suoraan opinnäytetyön aiheeseen liittyvää kirjallisuutta oli käytettävissä vain vähän. Taajamien hulevesien hallintaa koskevan lähdeaineiston luotettavuutta ja sovellettavuutta teiden hulevesien hallinnan suunnittelussa pyrittiin arvioimaan olemassa olevan tietopohjan perusteella. Vieraskielisiä aineistoja ja lähteitä käytettäessä havaittiin epävarmuustekijöitä, jotka liittyivät joko eroihin paikallisissa ilmasto- ja maaperäolosuhteissa tai virhemahdollisuuteen vieraskielistä aineistoa tulkitessa. Lisäksi teoriaosuudessa esiteltyjen hulevesien hallintarakenteiden toimivuuteen havaittiin liittyvän epävarmuustekijöitä, sillä niiden käytöstä on kokemusta vain lyhyeltä aikaväliltä. Kirjallisuustutkimuksessa käytetty aineisto valittiin teoksien julkaisupaikan mukaisesti siten, että ilmasto-olosuhteet muistuttaisivat Suomen ilmastoa. Lisäksi lähteiden luotettavuutta pyrittiin lisäämään käyttämällä useita eri aineistoja ja lähteitä.

Ennakoidun ilmastomuutoksen toteutumiseen havaittiin myös liittyvän epävarmuutta. Arviot perustuvat ilmastoskenaarioihin, joiden todennäköisyyttä on haasteellista ennustaa. Ilmastomuutoksen toteutumista kohtaan käydään tutkijoiden kesken keskustelua puolesta sekä vastaan. Viitehankkeen tarkastelu tehtiin melko ulkopuolisen henkilön näkökulmasta, mikä toisaalta lisää ja toisaalta heikentää sen uskottavuutta. Opinnäytetyön laajuus ja harjoittelun kesto rajasivat hankkeeseen tutustumiseen käytettävissä olevaa aikaa siten, että osa huomionarvoisista asioista saattoi jäädä huomaamatta. Tarkastelu yritettiin suorittaa mahdollisimman objektiivisesti hyödyntämällä eri osapuolien kanssa käytyjä keskusteluja ja huomioimalla myös heidän näkökanta. Silti hanketta koskeva tarkastelu on vain yhden henkilön luoma subjektiivinen tuotos. Tarkastelu tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulun opiskelijana, ei yhteistyökumppanin toimihenkilönä.

Kirjallisuustutkimuksen pohjalta todettiin, että yleisesti rakentamisessa ollaan menossa hulevesien hallinnan ja käsittelyn suhteen parempaan suuntaan. Ympäristötietoisuus on selvästi lisääntymässä ja siirtymistä ennakoivaan toimintatapaan on

havaittavissa. Huomioitavan arvoiseksi asiaksi hulevesien hallintaa suunniteltaessa koettiin kustannusten ja riskien optimointi sekä jako. Jatkossa tietoa voisi kerätä kustannusten kertymisestä sekä lyhyeltä että pitkältä aikaväliltä. Kustannusten tarkastelussa suunnittelu-, rakennus- ja kunnossapitokustannuksien lisäksi tulisi arvioida erityisesti ympäristöön kohdistuvat vaikutukset. Ainehuuhtoumille tulisi asettaa jonkinlaisia raja-arvoja. Etenkin rakentamisen aikaista ainehuuhtoumaa tulisi rajoittaa ja työmaakohtaisien hulevesien hallintatoimenpiteiden toteutumista valvoa nykyistä tehokkaammin. Lisäksi hulevesien hallintarakenteiden aiheuttamia haitallisia vaikutuksia ympäristöön tulisi tarkastella. Nykyisiä käytäntöjä, suunnitteluohjeistusta, mitoitusarvoja ja ympäristöä koskevia tavoitteita olisi hyvä päivittää. Jotta muutoksia nykytilaan nähden tapahtuisi, tulisi yhteistyötä eri osapuolien ja sidosryhmien välillä hyvä tehostaa. Viranomaistahoilla on mahdollisuudet yhtenäistää lainsäädäntöä, asettaa valtakunnallisia tavoitteita rakentamisesta aiheutuville seurauksille ja selkeyttää eri osapuolien vastuita. Lisäksi hulevesien hallintaa koskevat yhteistyömahdollisuudet maa- ja metsätalouden tuottajien, kadun- ja tienpitäjien kesken tulisi selvittää ja yhteistyötä tulisi mahdollisuuksien mukaan kehittää.

Viitehankkeen tarkastelua koskevien ehdotuksien toteuttamiskelpoisuutta on tarkasteltava kriittisesti. Tarkastelun yhteydessä todettiin, että jatkosuunnittelun yhteydessä tulisi tehostaa ympäristösuunnittelua ja huomioida kasvillisuuden merkitys esimerkiksi luiskissa hulevesiä käsittelevänä ja hallitsevana osana. Rakennussuunnitelmassa olisi vielä mahdollisuus ottaa kantaa tarkemmin rakentamisen aikaiseen hulevesien hallinnan toteuttamiseen. Kaikkia tarkastelussa esitettyjä rakenteita ei ole tarkoitettu toteutettavaksi samanaikaisesti vaan niiden yhteisvaikutus tulee huomioida. Tarkastelun yhteydessä todettiin, että hallinnan tarve tulisi määrittää hankkeen alkuvaiheessa. Tarkasteltavan hankkeen yleissuunnitelma on hyväksytty ja hankkeen tiesuunnitelma sekä sen toteutusta koskeva täydennyssuunnitelma on laadittu. Sen sijaan, että merkittäviä muutoksia lähdetäisiin toteuttamaan tarkasteltavaan hankkeeseen, olisi tärkeämpää kiinnittää tulevaisuudessa huomiota vastaavissa tai samankaltaisissa hankkeissa tarkastelussa esille nostettuihin asioihin. Hulevesien hallinnan tarveselvitys olisi hyvä sisällyttää jo alustavasti ympäristövaikutusten arviointiin tai yleissuunnitelmaan ja sitä tulisi tarkentaa tiesuunnitelma- ja rakennussuunnitelma-vaiheessa. Erityisesti viranomaistahojen keskuudessa tulisi lisätä tietoisuutta ongelmista ja osoittaa hallinnan tarpeen merkittävyys. Koesuunnittelu- ja koerakentamiskohteissa voisi kokeilla mallintamisen käyttöönottoa sekä rakenteiden soveltuvuutta tieympäristöön. Mikäli toimintatavat koettaisiin tehokkaiksi, tulisi niiden käyttöönottoon siirtyä. Jos aikaa opinnäytetyölle olisi ollut varattuna enemmän, olisi hankkeen tar-

kastelua voinut laajentaa koskemaan moottoritien lisäksi muita hankkeeseen liittyviä väyliä ja niiden ympäristöjä.

Opinnäytetyöprosessi sujui pääosin laaditun työsuunnitelman mukaisesti. Suurimmat muutokset koskivat opinnäytetyön sisältöä. Työsuunnitelman mukaisessa aikataulussa ja sovitussa tuntityömäärissä pysyttiin. Työn sisältöön lisättiin liitteeksi tullut prosessikuvaus tukemaan hulevesien hallinnan suunnittelua yhteistyökumppanin esityksestä. Liite ei lisännyt työmäärää merkittävästi. Prosessikuvaus on käytettävissä vapaasti tiensuunnitteluhankkeen eri osapuolille. Liitteeseen tiivistettiin kirjallisuustutkimuksessa ja tarkastelussa tärkeiksi havaitut yksityiskohdat ja osoitettiin käytännön toimenpiteet suunnitteluhankkeesta vastaaville tahoille. Kuvauksen tarkoituksena on ohjata hankeryhmää sekä konsulttia oikeiden lähtötietojen, -aineistojen sekä käytettävissä olevien menetelmien pariin. Prosessikuvaus ei ole ollut käytössä eikä sen toimivuudesta ole kokemusta. Mikäli prosessikuvaus otetaan käyttöön ja sitä käytetään tukena suunnittelussa, olisi kokemukset sen toimivuudesta kerättävä ja tarvittavat muutokset sen sisältöön korjattava. Opinnäytetyöprosessin aikana yhteistyötä ja keskustelua aiheesta olisi voitu käydä tiiviimmin sekä laajemmin eri sidosryhmien kesken.

Kun liikennevirasto julkaisi uuden teiden kuvatusta koskevan ohjeen, osa johtopäätöksistä osoittautui oikeiksi ja osa jatkotoimenpiteitä koskevista ehdotuksista toteutui. Arvioitaessa opinnäytetyöprosessin onnistumista voidaan todeta, että taustatyötä tehdessä ja lähdeaineistoa kerätessä olisi tullut selvittää paremmin ollaanko ohjeistusta uusimassa kevään aikana. Käytössä olevaan lähdeaineistoon tieto uudesta ohjeesta tuskin olisi vaikuttanut, mutta joko aihe tai sen rajaus olisi todennäköisesti muuttunut. Uuden ohjeistuksen julkaisemisen jälkeen opinnäytetyön merkitys muuttui osittain. Vertaamalla uutta ohjetta opinnäytetyön teoriaosuuteen voitiin arvioida kirjallisuustutkimuksen onnistumista. Vaikka uusi ohjeistus olisikin ollut kirjallisuustutkimuksen tekohetkellä käytettävissä, olisi opinnäytetyön teoriaosuuden ja viitehankkeen tarkastelun sisältö todennäköisesti pysynyt melko samanlaisena. Uuden ohjeistuksen käyttö lähteenä olisi vain vähentänyt työmäärää. Sisältöjen yhteneväisyyden pohjalta voidaan siis todeta, että henkilökohtaista ammattitaidon kehittymistä koskevat tavoitteet saavutettiin hyvin.

LÄHTEET

Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Koistinen, J., Kotro, J., Kuitunen, T., Ollila, M., Parvio, A., Pulkkinen, S., Silander, J., Tiihonen, T., Tuomenvirta, H. & Vajda, A. 2008. *Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU)*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Destia Oy [verkkopalvelu] 2013. Yritys [viitattu 5.4.2013]. Saatavissa: www.destia.fi

Hätinen, Heimo 2013. Johtava konsultti. Destia Oy Asiantuntijapalvelut. Kuopio 30.1.2013. Opinnäytetyön ohjaustapaaminen.

Inha, L., Kettunen, R., Hell, K., Ramboll Finland Oy 2012. *Mitä maanteiden hulevedet sisältävät?* Liikenteen suunta [verkkolehti]. 4/2012 [viitattu 22.1.2013] Saatavissa: <http://www.liikenteensuunta.fi/fi/artikkelit/tk/mita-maanteiden-hulevedet/>

Jokela, H. *Maanteiden huleveden laatu* 2008 [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tiehallinto [viitattu: 22.1.2013]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/4000686-v-maanteiden_huleveden_laatu.pdf

Jormola, J., Harjula, H. & Sarvilinna, A. 2003. *Luonnonmukainen vesirakentaminen* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Suomen ympäristökeskus [viitattu: 26.1.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=10035>

Kotanen, J., Manninen, P., Petäjä-Ronkainen, A., Paunula-Ontto-Suuronen, A. 2009 [verkkojulkaisu]. *Yhteistyöllä parempaan vesienhoitoon*. Vuoksen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuoteen 2015. Pohjois-Savon, Pohjois-Karjalan, Etelä-Savon ja Kaakkois-Suomen ympäristökeskukset [viitattu 13.2.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=112218&lan=fi>

Laki tulvariskien hallinnasta L 620/2010. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 16.1.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100620>

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä L 10.6.1994/468. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 17.1.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940468>

Lappalainen, Janne 2013. Vt 5 PaHu -hankkeen yhteyshenkilö. Pohjois-Savon ELY-keskus. Liikennejärjestelmätyö. Liikennejärjestelmäsuunnittelu. Kuopio 27.2.2013. Keskustelu.

Lausunto Valtatie 5:n osuuden Leppävirta–Kuopio kehittäminen välillä Palokangas–Humalajoki, Leppävirta ja Kuopio; yleissuunnitelma 29.9.2009. PSA-2009-L-299-24. Pohjois-Savon ympäristökeskus. Kuopio.

Liikennevirasto 2010. *Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu*. Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet. Liikenneviraston ohjeita 9/2010. Helsinki: Liikennevirasto [viitattu 14.2.2013]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf3/lo_9-2010_tiepenkereiden_ja_leikkausten_suunnittelu.pdf

Liikennevirasto 2013. *Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu* [verkkojulkaisu]. Liikenneviraston ohjeita 5/2013 [viitattu 11.3.2013]. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf

Maa- ja metsätalousministeriö 2011. *Suomessa 21 merkittävää tulvariskialuetta* [verkkojulkaisu]. Tiedote. Valtioneuvosto: Maa- ja metsätalousministeriö [viitattu 19.1.2013]. Saatavissa: http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/tiedotteet/111220_tulvariskialueet.html

Maankäyttö- ja rakennuslaki L 5.2.1999/132. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 16.1.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Minnesota Stormwater Steering Committee 2008. *Minnesota Stormwater Manual* [verkkojulkaisu]. 2. painos. St. Paul, MN, USA: Minnesota Pollution Control Agency [viitattu 12.1.2013] Saatavissa: <http://www.pca.state.mn.us/index.php/view-document.html?gid=8937>

Pajula, Pasi 2013. Yliopettaja. Savonia AMK. Kuopio 19.2.2013. Opinnäytetyön ohjaustapaaminen.

Penttinen, K., Niinimäki, J., Opetushallitus 2010. *Vesiensuojelun perusteet ja vesistöjen kunnostus*. Helsinki: Opetushallitus

Tiehallinto 2004. *Pohjaveden suojaus tien kohdalla* 2004. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki: Tiehallinto

Poikela, T. Suunnittelija. Destia Oy Asiantuntijapalvelut. Kysymyksiä koskien PaHu:a [sähköpostiviesti]. Hätinen, H. Johtava konsultti. Destia Oy Asiantuntijapalvelut. 27.2.2013. [27.2.2013].

Pöyhönen, A. 2005. *Yleisten teiden kunnossapito*. Insinööritoimisto. Kuopio: Savonia AMK

Pääkkönen, Ville-Veikko 2013. Suunnittelija. Destia Oy Asiantuntijapalvelut. Kuopio 7.3.2012. Kommentti.

Saarelainen, S. & Makkonen, L. 2007. *Ilmastonmuutokseen sopeutuminen tienpidossa* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tiehallinto [viitattu 9.1.2013]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201029-v-ilmastonmuutokseen_sopeutuminen_tienpidossa.pdf

Suomen Kuntaliitto 2012. *Hulevesiopas* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Suomen Kuntaliitto [viitattu 7.1.2013]. Saatavissa: http://shop.kunnat.net/product_details.php?p=2714

Syrjälä, K. & Järvenpää, L. 2010 *Silta- ja rumpulausuntojen valmisteleminen* [verkkojulkaisu] 2010. OH 2/2010. Luonnos 8.4.2010. Suomen ympäristökeskus [viitattu 10.2.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=116919&lan=fi>

Tiehallinto 2004. *Kuivatusrakenteet ja putkistot 6800–6870. Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tiehallinto. [viitattu 12.3.2013]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200028-v-04kuivjaputkitus.pdf>

Tiehallinto 2006. Kunnossapidon tuotekortit 23.1.2006 [viitattu 6.2.2013]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/kunnossapidon_tuotekortit230106.pdf

Tielaitos 1993. *Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne 4 Kuivatus* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tielaitos [viitattu 9.1.2013]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/kuivatus2140005.pdf>

Tielaitos 1997. *Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 3 Meluesteet* [verkkopalkaus]. Helsinki: Tielaitos [viitattu 20.2.2013]. Saatavissa:

http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/teiden_suunnittelu_v_meluesteet_3.pdf

Tiesuunnitelma 2012. *Valtatien 5 parantaminen välillä Palokangas–Humalajoki, Leppävirta ja Kuopio*. Kuopio: Pohjois-Savon ELY-keskus

Tiesuunnitelman täydennys 2012. *Valtatien 5 parantaminen välillä Palokangas–Humalajoki, Leppävirta ja Kuopio*. Kuopio: Pohjois-Savon ELY-keskus

Valtion ympäristöhallinto [verkkopalvelu] 2013a. Vesivarojen käyttö. Tulvat. Tulvien esiintyminen Suomessa [viitattu 19.1.2013]. Saatavissa: www.ymparisto.fi

Valtion ympäristöhallinto [verkkopalvelu] 2013b. Vesivarojen käyttö. Tulvat. Tulvariskien hallinnan suunnittelu [viitattu 26.1.2013]. Saatavissa: www.ymparisto.fi

Vesilaki L 27.5.2011/587. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 16.1.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

Yleissuunnitelma 2008. *Valtatien 5 osuuden Leppävirta–Kuopio kehittäminen välillä Palokangas–Humalajoki, Leppävirta ja Kuopio*. Kuopio: Tiehallinto, Pohjois-Karjalan tiepiiri

Yleissuunnitelman hyväksymispäätös 21.9.2010. 3720/0720/2010. Liikennevirasto.

Ympäristövaikutusten arviointiselvitys 2006. *Valtatien 5 osuuden Leppävirta–Kuopio kehittäminen välillä Palokangas–Humalajoki*. Leppävirta ja Kuopio. Kuopio: Tiehallinto. Savo–Karjalan tiepiiri.



PROSESSIKUVAUS TUKEMAAN HULEVESIEN HALLINNAN SUUNNNITTELUA

Ilta Väänänen, Savonia AMK
2013



SISÄLLYS

1. LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET	3
2. VALUMA-ALUEET	4
3. MÄÄRÄÄVÄT TEKIJÄT	5
4. ARVIO HULEVESIEN HALLINNAN TARPEESTA	6
5. RAKENTEEN VALINTA JA MITOITTAMINEN	7
KUVA- JA AINEISTOLUETTELO	8

Tämä prosessikuvaus on laadittu tueksi hulevesien hallinnan suunnitteluun. Prosessikuvaus ohjaa suunnittelijaa tai hankkeesta vastaavaa henkilöä määrittämään hulevesien hallintatarpeen sekä valitsemaan oikeat menetelmät ja rakenteet hulevesien hallitsemiseksi. Prosessi koostuu viidestä eri vaiheesta ja niiden osavaiheista. Jokaiseen osaan on koottu kyseistä vaihetta koskevat avainsanat, jotka ohjaavat prosessikuvauksen käyttäjää oikeiden suunnittelu- menetelmien ja lähtöaineiden pariin.

Kuvauksessa on käytetty laatikoita, joihin avainsanat on koottu. Laatikoiden väreillä on seuraavanlaiset symboliset merkitykset:

Missä hankkeen vaiheessa hulevesienhallintaprosessin vaihe (1–5) tulee huomioida?

Mitkä pääasiat osavaiheiden yhteydessä tulee tehdä tai selvittää?

Miten tai kuinka tulee menetellä asioiden tekemiseksi tai selvittämiseksi? Mitkä asiat tukevat suunnittelua?

1. LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

*Tarveselvitys
Esiselvitys
Yleissuunnitelma*

Orientoituminen hulevesien hallintaan

Hulevesien määrä
Hulevesien laatu

Luonnonmukainen tilanne
Rakentamisen aikainen tilanne
Rakentamisen jälkeinen tilanne

Esitys hulevesien
hallinnan tarpeesta
Tavoitteiden määrittäminen
Ohjeistuksen ajantasaisuuden varmistaminen

Hankkeen perustiedot

Hankkeen sijainti
Hankkeen laajuus
Hankkeen merkittävyys
Hankkeen tarkoitus

Aikataulu ja kytkeytyminen muuhun suunnitteluun

Tarveselvitys
Kaavoitus
Ympäristövaikutusten arviointi
Yleissuunnitelma
Tiesuunnitelma
Rakennussuunnitelma

Työn käynnistäminen
Hulevesien hallinnan tavoitteista sopiminen
Hulevesien hallinnan yleissuunnitelman laatiminen
Kokonaisratkaisun yksityiskohtainen suunnittelu

Neuvottelut
Raportit
Sidosryhmäyhteistyö

Organisaatio

Hankeryhmän nimeäminen
Työryhmän nimeäminen
Sidosryhmien tunnistaminen

Tilaaajaorganisaation yhteyshenkilö
Konsulttitoimiston projektipäällikkö
Pääsuunnittelija
Hulevesien hallintamenetelmien suunnittelija
Maisema-arkkitehti tai ympäristösuunnittelija

Liikennevirasto
Ympäristökeskus
ELY-keskukset
Konsultit ja suunnittelijat
Kunnossapitourakoitsijat
Asukkaat
Maanomistajat
Kunnat
Maakuntaliitto
Pelastuslaitos
Kansalaisjärjestöt
Yhdistykset

2.VALUMA-ALUEET

YVA
Yleissuunnitelma
Kaavoitus

Nykyinen tilanne



Kuva 1

Maankäyttö
Olemassa olevat rakenteet, laitteet ja järjestelmät
Maaperä ja topografia
Sadanta
Valuma-alueet
Virtaussuunnat ja valumareitit
Vastaanottavan vesistön tila
Luonnonympäristö

Kartat
Ilmakuvat
Maaperätiedot valuma-alueesta
Kartat ja tiedot olemassa olevista hulevesijärjestelmistä
Uomaverkosto
Vedenkorkeustiedot
Tulvavaara-alueet
Vesiensuojelun ongelmakohteet
Aluetta koskevat vesienhoitosuunnitelmat
Aluetta koskevat vesienkunnostussuunnitelmat
Alueen vesistöä koskevat määräykset
Alueella sijaitsevat suojelukohteet
Pohjavesialueet
Pohjavesialueita koskevat suojelusuunnitelmat
Pohjavedenlaatatiedot
Pohjavedenpinnankorkeustiedot
Vedenottamoiden suoja-aluepäätökset
Paikallinen ilmasto
Sadantatiedot
Lämpötilatiedot
Tiedot olemassa olevasta maankäytöstä
Läpäisemättömien pintojen nykyinen ala
Suunnittelualueella olevien toimintojen lupahakemuskirjat ja päätökset
Tiedot olemassa olevista maanalaisista tiloista
Tiedot olemassa olevista rakenteista, laitteista ja järjestelmistä; kiinteistöt, ilmajohdot, pumpaamot

Kuva 2

Suunnittelualueen rajaus



Maankäyttö
Maaperä ja topografia
Valuma-alueet
Virtaussuunnat ja valumareitit

Maankäyttösuunnitelma
Muutokset virtausolosuhteissa

Kuva 3

3. MÄÄRÄÄVÄT TEKIJÄT

Valumat

YVA
Yleissuunnitelma
Kaavoitus

Maankäyttötyyppi
Pinta-ala (A)
Valumiskerroin (ψ)
Maankäyttötyypeillä painotettu valumiskerroin (Ψ)

Luonnonmukainen tilanne
Rakentamisen aikainen tilanne
Rakentamisen jälkeinen tilanne

Kaava 1

$$\Psi = \frac{(A_1 * \psi_1 + A_2 * \psi_2 \dots A_n * \psi_n)}{A}$$

Mallintaminen

Maankäyttö-tyyppi	Valumiskerroin
Katto	1
Asfalttipäällyste	0,9
Tien nurmettu luiska	0,6
Avoim kalliomaasto	0,5
Soratie, soraluiska	0,5
Nurmipintainen piha, puisto	0,4
Niitty, pelto, puutarha	0,3
Suo	0,15
Kumpuileva sekametsä	0,2
Tasainen metsämaasto	0,1
Tasainen sorakenttä	0,05

Taulukko 1

Vesistökuormitus

Maankäyttötyypit
Pinta-alat (A)
Ainehuuhtouman arvot maankäyttötyypeittäin [F_n]
Kokonaisainehuuhtoumat [F_{kok}]

Luonnonmukainen tilanne
Rakentamisen aikainen tilanne
Rakentamisen jälkeinen tilanne

$$F_{kok} = \frac{(A_1 * F_1 + A_2 * F_2 \dots A_n * F_n)}{A}$$

Kaava 2

Taulukko 2

Maankäyttötyyppi	P	N	SS
Haja-asutus	24	500	9700
Pensoittunut pelto	60	1700	33000
Luonnontila	7	100	1700
Rakenteilla oleva asuinalue	57	570	60500

Kiintoaines
Fosfori
Typpi
Kloridit
Öljyhiilivedyt
Metallit

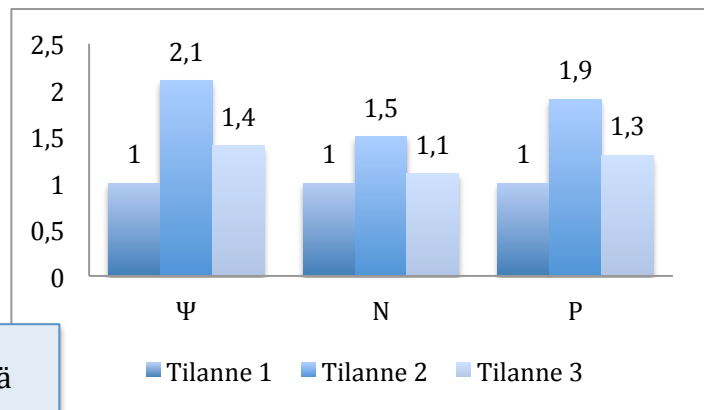
Mallintaminen

4. ARVIO HULEVESIEN HALLINNAN TARPEESTA

Tulosten vertailu

YVA Yleissuunnitelma Kaavoitus

Luonnonmukainen tilanne
Rakentamisen aikainen tilanne
Rakentamisen jälkeinen tilanne



Kuvio 1

Hulevesien määrä
Hulevesien laatu

Hulevesien hallintatarpeen arviointi

Arvio vaikutuksista vastaanottavaan vesistöön
Arvio vaikutuksista luonnonympäristöön
Riskien arviointi ja paikantaminen

Riskialueita:

Suuret kuormitukset
Suuret valunnat
Herkät vesialueet
Herkät luonnonympäristöalueet
Purkupaikat
Tulva-alue

Hallinnan osa-alueita:

Valuma-alueen latvaosat
Keskeiset alueet
Laskuojien alueet
Ranta-alueet
Taajama-alueet

Määrällisen hallinnan toimenpiteet
Laadullisen hallinnan toimenpiteet

Hulevesien hallinnan osa-alueet
Aluevaraukset rakenteille



Kuva 4

5. RAKENTEEN VALINTA JA MITOITTAMINEN

Sijainti ja paikalliset olosuhteet

Hulevesien hallinnan osa-alue
Rakenteelle varattu alue

Tutkimukset
Kallionpintatiedot
Mittaukset
Vedenpintatiedot
Maastokäynnit
Riskialueet
Pohjavesitiedot
Maastotiedot

*Tiesuunnitelma
Rakennus-
suunnitelma*

Menetelmän ja rakenteen valitseminen

Johtaminen
Viivyttäminen
Imeyttäminen
Suodattaminen
Eroosiosuojaus

Kosteikko
Lammikko
Viivytyispainanne
Viivytyaskaivanto
Hiekkasuodatin
Öljynerotin
Läpäisevät päällysteet

Pintajärjestelmä
Putkijärjestelmä

Taulukko 3

Viivyttäminen

	Valuma-alueen koko	Maaperä	Topografia	Tilantarve	Suuri kiintoaineen ja roskien määrä
Kosteikot	2	2	2	1	3
Lammikot	3	2	2	2	3
Viivytyispainanteet	2	2	2	2	3
Viivytytkaivannot	2	2	2	3	2

Määritelty tarve
Sijainti
Paikalliset olosuhteet
Maankäyttötyyppi
Kustannukset
Rajoittavat tekijät
talviolosuhteisiin
Soveltuvuus talviolo-
suhteisiin Menetelmän
tehokkuus
Kasvillisuus

Rakenteiden mitoitus

Mitoitusvirtaama (Q)
Sateen keskimääräinen intensiteetti (i)
Suunnittelukohde ja maaston luokka
Sateen toistuvuus

Järvisyyskerroin (k_j)
Metsäojituskerroin (k_m)
Kevätylivaluma (Hq)
Suunnittelukohteen sijainti

Sateen kesto
Valumiskerroin (Ψ)
Ohjeellinen virtausnopeus
Valuma-alue (A)
Peltoisuuskerroin (k_p)
Hydraulinen säde (R)
Uoman kaltevuus (I)
Karkeuskerroin (n)

$$\begin{aligned}
 A < 10 \text{ ha} & \quad Q_{mit} = c * i * A \\
 10 < A < 100 & \quad Q_{max} = \begin{cases} Q = c * i * A \\ Q = k_j * k_m * k_p * A * Hq \end{cases} \\
 A > 100 & \quad Q_{mit} = k_j * k_m * k_p * A * Hq
 \end{aligned}$$

$$Q_{mit} = \frac{(A * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}})}{n}$$

Kaava 3

Kaava 4

Tulvareitit

Imeyttävät ja suodattavat rakenteet
Hulevesiä käsittelevät erotinjärjestelmät
Purkupisteiden eroosiosuojaus

Sallittu toistuvuus
Tulvareittikartta
Tulvareittitarkastelu

KUVA- JA AINEISTOLUETTELO

Kaava 1. Maankäyttötyypeillä painotettu valumiskerroin koko valuma-alueelle.

Kaava 2. Maankäyttötyypeillä painotettu kokonaisainehuuhtouma.

Kaava 3. Mitoitusvirtaama valuma-alueen perusteella.

Kaava 4. Mitoitusvirtaama avouomaa mitoitettaessa.

Kansilehden kuva: Väänänen, Ilta 2011.

Kuva 1. Maaperäkartta (Maaperäkartta 1:20 000 © GTK 2013. Muokattu.)

Kuva 2. Valuma-alueiden ja virtaussuuntien selvittäminen korkeuskäyrien avulla. (Paikkatietoikkuna.fi –palvelu 2013. Muokattu.)

Kuva 3. Suunnittelualueen rajausta eri tielinjauksille valuntaolosuhteiden ja ympäröivän maankäytön mukaisesti. (YVA-selvitys 2006, 75. Muokattu.)

Kuva 4. Hulevesien osa-alueiden määrittäminen. (Paikkatietoikkuna.fi –palvelu 2013. Muokattu.)

Kuvio 1. Esimerkki muutoksen vertailusta pintavalunnan määrässä sekä fosforin ja typen ainehuuhtoumassa luonnonmukaisessa, rakentamisen aikaisessa sekä rakentamisen jälkeisessä tilanteessa.

Taulukko 1. (Tielaitos 1993, 12. Muokattu.)

Taulukko 2. (Skoy, 10. Muokattu.)

Taulukko 3. (Suomen Kuntaliitto 2012, 170. Muokattu.)

Skoy 2007. *Keilankannan keskuksen hulevesien hallintasuunnitelma* [suunnitelmaraportti].

Kuopion kaupunki. 0133-C6839

Suomen Kuntaliitto 2012. *Hulevesiopas* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Suomen Kuntaliitto. [viitattu 1.3.2013] Saatavissa: http://shop.kunnat.net/product_details.php?p=2714

Tielaitos 1993. Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne 4 Kuivatus. Helsinki: Tielaitos.

Väänänen, I. 2013. *Hulevesien hallinta tiensuunnittelussa...* Kuopio: Savonia AMK.

YVA-selvitys 2006. Valtatien 5 osuuden Leppävirta – Kuopio kehittäminen välillä Palokangas – Humalajoki. Leppävirta ja Kuopio. Kuopio: Tiehallinto. Savo-Karjalan tiepiiri. Muokattu.